

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

**Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a
produção de sementes de alta performance**

Vinícius Jardel Szareski

Pelotas, 2017

Vinícius Jardel Szareski

Engenheiro Agrônomo

**Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a
produção de sementes de alta performance**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Sementes da Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Ciências.

Orientador:

Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde (FAEM/UFPEL)

Co-orientadores:

Prof. Dr. Velci Queiróz de Souza (UNIPAMPA)

Eng. Agrônomo. Dr. Maicon Nardino (PNPD/CAPES)

Pelotas, 2017

Rio Grande do Sul – Brasil

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas

Catálogo na Publicação

S996e Szareski, Vinícius Jardel.

Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a produção de sementes de alta performance. / Vinícius Jardel Szareski; Tiago Zanatta Aumonde, orientador; Velci Queiróz de Souza, Maicon Nardino, coorientadores. — Pelotas, 2017.

78 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. *Triticum aestivum* L. 2. Adaptabilidade e estabilidade. 3. Vigor de sementes. 4. AMMI. 5. REML/BLUP. I. Aumonde, Tiago Zanatta, orient. II. Souza, Velci Queiróz de, coorient. III. Nardino, Maicon, coorient. IV. Título.

CDD : 633.16

Vinícius Jardel Szareski
Engenheiro Agrônomo

Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a produção de
sementes de alta performance

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre
em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de
Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de
Pelotas.

Data da Defesa: 06/04/2017

Banca Examinadora:

.....
Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde (Orientador)
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

.....
Prof. Dr. Tiago Pedó
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel

.....
Prof ^a. Dra. Emanuela Garbin Martinazzo
Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Dr. Maicon Nardino
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Ter desafios é o que faz a vida interessante e superá-los é o que faz a vida ter sentido.

- Joshua J. Marine

Aos meus pais Celito e Teresinha, meus irmãos Tales e Charline, por toda ajuda e motivação proporcionada

DEDICO...

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, pela concepção desta oportunidade;

Minha família por todo incentivo e ajuda durante esta caminhada;

Minha namorada Jéssica T. Aguiar pela motivação e paciência;

A Fundação Pró-Sementes pela confiança e disponibilidade dos materiais;

Ao PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes pelo conhecimento e ao CNPq pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador Tiago Zanatta Aumonde pela amizade, ensinamentos e dedicação durante essa trajetória;

A Gerente de Pesquisa da Fundação Pró-Sementes Kassiana Kehl pela atenção, amizade e auxílio prestado durante a execução do trabalho;

Ao Prof. Velci Queiróz de Souza pela Co-orientação, amizade e confiança;

Ao Prof. Paulo Dejalma Zimmer, pelos ensinamentos e conselhos prestados;

Ao Co-orientador Maicon Nardino, pelo companheirismo e ensinamentos;

Ao amigo Ivan Ricardo Carvalho pelo companheirismo e auxílio na execução do trabalho;

Aos amigos, Alan J. Pelegrin, Maurício Ferrari, Nathan L. dos Santos, Tamires Martins, Maurício H. Barbosa;

Aos colegas de PPG pela ajuda, amizade e momentos de descontração: Gustavo H. Demari, Simone M. Dellagostin, Felipe Koch, João R. Pimentel, Geison Aisemberg, Itala Dubal, Cristian Troyjack, Luis Konsen e Carla Tunes;

Aos estagiários pela ajuda e comprometimento durante as avaliações;

Enfim, a todos que de uma ou outra forma contribuíram para mais este passo em minha carreira profissional;

A todos vocês, MUITO OBRIGADO.

Resumo

SZARESKI, Jardel, Vinícius. **Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a produção de sementes de alta performance.** 2017. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

O presente estudo constou de dois experimentos onde teve como objetivo estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de trigo para o caráter produção de sementes através de técnicas univariadas, multivariadas e modelos mistos, assim como, empregar um índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) e proceder a adaptabilidade e estabilidade multicaráter para o vigor das sementes de trigo produzidas em regiões do Estado do Rio Grande do Sul. O primeiro estudo foi constituído de 42 genótipos de trigo cultivados em cinco ambientes, durante duas safras agrícolas. No segundo, foram utilizadas sementes de 30 genótipos cultivados em sete ambientes de cultivo. Em ambos estudos utilizou-se delineamento de blocos ao acaso organizado em esquema fatorial. Os dados foram submetidos às análises de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Annicchiarico (1992), AMMI (Additive main effects and multiplicative interaction analysis), MHVG (média harmônica dos valores genotípicos), PRVG (adaptabilidade dos valores genotípicos) e MHPRVG (adaptabilidade e estabilidade através da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos) assim como foram aplicados os método baseado na máxima verossimilhança restrita (REML) e as previsões foram obtidas pelo melhor preditor não viesado (BLUP). Verificou-se no primeiro estudo como ambientes favoráveis expressos pelo método univariado São Gabriel (I e II), Cachoeira do Sul (II), Passo Fundo (II) Santo Augusto (II) e São Luiz Gonzaga (II), para o método multivariado apenas Santo Augusto (I). Os genótipos CD 121 e TBIO Tibagi foram adaptados especificamente e estáveis pelos métodos univariado e multivariado. Os genótipos TBIO Sinuelo, Quartzito, BRS 327, Mirante, Topázio, Guamirim, TBIO Seletto, Ametista, TBIO Mestre e BRS Louro foram superiores através da abordagem por modelos mistos. No segundo estudo o método de AMMI expressa estabilidade específica ao ambiente de cultivo Cachoeira do Sul - RS para os genótipos Marfim e Marcante. Determina adaptabilidade específica aos genótipos ORS 1403, TBIO Sossego, Estrela Atria, ORS Vintecinco, ORS 1401, Esporão, LG Prisma, CD 1440, BRS 331, Celebra e TBIO Mestre para o índice fenotípico de vigor das sementes de trigo. A máxima verossimilhança restrita define que 51,8% do índice fenotípico de vigor das sementes é decorrente da interação genótipo x ambiente.

Palavras chave: *Triticum aestivum* L.; adaptabilidade e estabilidade; vigor de sementes; REML/BLUP; AMMI.

Abstract

SZARESKI, Jardel, Vinícius. **Strategies for the positioning of wheat genotypes aiming the production of high performance seeds.** 2017. 78f. Dissertation (Master Degree of Science) - Program in Science and Technology of Seeds, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

The present study consisted of two experiments that aimed to estimate the adaptability and phenotypic stability of wheat genotypes for the grain yield character through univariate, multivariate and mixed models, as well as to use a seed vigor phenotype index (IFV) and to proceed adaptability and multicaracter stability for the vigor of wheat seeds produced in the state of Rio Grande do Sul. The first study consisted of 42 wheat genotypes grown in five environments during two crop seasons. For the second one, seeds from 30 wheat genotypes grown in seven growing environments were used. In both studies, a randomized block design was arranged in a factorial scheme. The data were submitted to the analyzes of adaptability and stability by the methods of Annicchiarico (1992), AMMI (*Additive main effects and multiplicative interaction analysis*), MHVG (the harmonic mean no of the genotypic values), PRVG (adaptability of genotypic values) and MHPRVG (adaptability and stability through the harmonic mean relative performance of the genotypic values), as well as the methods based on the maximum restricted likelihood (REML) and the predictions were obtained by the best linear unbiased predictor (BLUP). For the first study it was verified that the favorable environments expressed by the univariate method refer to São Gabriel (I and II), Cachoeira do Sul (II), Passo Fundo (II) and Santo Augusto (II) and São Luiz Gonzaga, for the multivariate method, only Santo Augusto (I) was favorable for wheat grain yield. The genotypes CD 121 and TBIO Tibagi were specifically adapted and stable by univariate and multivariate methods. The genotypes TBIO Sinuelo, Quartzo, BRS 327, Mirante, Topázio, Guamirim, TBIO Seleto, Amethyst, TBIO Mestre and BRS Louro were superior through the mixed models approach. In the second study the AMMI method expresses specific stability to the cultivation environment Cachoeira do Sul for the genotypes Marfim and Marcante. It determines specific adaptability to genotypes ORS 1403, TBIO Sossego, Estrela Atria, ORS Vintecinco, ORS 1401, Esporão, LG Prisma, CD 1440, BRS 331, Celebra and TBIO Master for the phenotype index of vigor of wheat seeds. The restricted maximum likelihood defines that 51,8% of the seed vigor phenotype index is due to the interaction genotypes x environments.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; adaptability and stability; genotype positioning; multicaracter of vigor; REML / BLUP and AMMI.

Lista de Figuras

- Figura 1 Plotagem dos escores dos componentes principais, quanto à interação genótipo x ambiente ($G \times A$), segundo a análise de AMMI para o caráter produção de sementes (kg ha^{-1}) em duas safras agrícolas (I e II) para os 42 genótipos de trigo (G1) Abalone, (G2) Ametista, (G3) BRS 296, (G4) BRS 327, (G5) BRS 328, (G6) BRS 331, (G7) BRS 374, (G8) BRS Guabiju, (G9) BRS Guamirim, (G10) BRS Louro, (G11) BRS Umbu, (G12) Campeiro, (G13) CD 114, (G14) CD 117, (G15) CD 119, (G16) CD 120, (G17) CD 121, (G18) CD 122, (G19) CD 123, (G20) FPS Nitron, (G21) Fundacep 52, (G22) Fundacep Bravo, (G23) Fundacep Campo Real, (G24) Fundacep Cristalino, (G25) Fundacep Horizonte, (G26) Fundacep Nova Era, (G27) Fundacep Raízes, (G28) JF 90, (G29) Marfim, (G30) Mirante, (G31) Onix, (G32) Quartzo, (G33) Safira, (G34) Supera, (G35) TBIO Alvorada, (G36) TBIO Iguaçu, (G37) TBIO Itaipu, (G38) TBIO Mestre, (G39) TBIO Seletto, (G40) TBIO Sinuelo, (G41) TBIO Tibagi e (G42) Topázio, avaliados em dez ambientes de cultivo, sendo Cachoeira do Sul – RS (A1:I e A6:II), Passo Fundo – RS (A2:I e A7:II), Santo Augusto – RS (A3:I e A8:II), São Gabriel – RS (A4:I e A9:II) e São Luiz Gonzaga – RS (A5:I e A10:II)..... 36
- Figura 2 Plotagem dos escores dos componentes principais (EPCA1) referentes à interação genótipo x ambiente obtidos pela análise de AMMI para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) referente a safra agrícola 2016. G1 (ORS 1403), G2 (TBIO Sossego), G3 (TBIO Sinuelo), G4 (CD 1550), G5 (LG Oro), G6 (ORS 1401), G7 (TBIO Iguaçu), G8 (BRS Marcante), G9 (Estrela Atria), G10 (Quartzo), G11 (TBIO Mestre), G12 (FPS Certero), G13 (Jadeíte 11), G14 (BRS Parrudo), G15 (LG Cromo), G16 (ORS 1405), G17 (CD 1104), G18 (BRS 327), G19 (Mirante), G20 (CD 1440), G21 (TBIO Toruk), G22 (ORS Vintecinco), G23 (Celebra), G24 (LG Prisma), G25 (Esporão), G26 (BRS 331), G27 (TBIO Tibagi), G28 (TBIO Sintonia), G29 (Marfim) e G30 (LG Supra). A1 (São Luiz Gonzaga – RS), A2 (Santo Augusto – RS), A3 (Cruz Alta – RS), A4 (Cachoeira do Sul – RS), A5 (Vacaria – RS), A6 (Passo Fundo – RS) e A7 (São Gabriel – RS)..... 50

Lista de Tabelas

Tabela 1	Informações geográficas, tipo de solo, altitude (Alt.), referentes aos cinco ambientes de cultivo e as safras agrícolas.....	26
Tabela 2	Estimativas de estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992), e a contribuição relativa pela soma de quadrados da interação G x A (CR_SQ_INT), para o caráter produção de sementes (kg ha ⁻¹) mensurados em 42 genótipos de trigo cultivados em Cachoeira do Sul – RS, Passo Fundo – RS, Santo Augusto – RS, São Gabriel – RS e São Luiz Gonzaga – RS nas safras agrícolas I e II.....	31
Tabela 3	Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, pelo método AMMI (<i>Additive main effects and multiplicative interaction analysis</i>), para o caráter produção de sementes (kg ha ⁻¹) mensurado em 42 genótipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.), avaliados nos ambientes de cultivo: Cachoeira do Sul – RS, Passo Fundo – RS, Santo Augusto – RS, São Gabriel – RS e São Luiz Gonzaga – RS nas safras agrícolas I e II.....	35
Tabela 4	Estimas do Ranking obtido pela média harmônica ponderada pelos valores genotípicos (MHPRVG) obtidos para os 42 genótipos de trigo cultivados em dez ambientes no estado do Rio Grande do Sul.....	39
Tabela 5	Informações geográficas, altitude, tipo de solo, genótipos utilizados e ambientes de cultivo para a safra agrícola 2016.....	44
Tabela 6	Análises de variâncias para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) referentes aos sete ambientes de cultivo x 30 genótipos de trigo.....	47
Tabela 7	Estimativas dos escores para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtidos através da análise de AMMI, para os sete ambientes de cultivo e 30 genótipos de trigo, na safra agrícola 2016.....	49
Tabela 8	Estimas dos componentes de variância e parâmetros genéticos (REML) para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtido para os 30 genótipos de trigo cultivados em sete ambientes do Rio Grande do Sul, safra agrícola 2016.....	53

Tabela 9	Ranking predito via BLUP (<i>melhor preditor linear não viesado</i>), para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtido para os 30 genótipos de trigo produzidos em sete ambientes de cultivo no estado do Rio Grande do Sul, na safra agrícola 2016.....	54
Tabela 10	Estabilidade dos valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG) e estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG) para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtido para os 30 genótipos de trigo cultivados em sete ambientes do estado do Rio Grande do Sul, para a safra agrícola de 2016.....	56

Sumário

1 Introdução.....	12
1.1 Revisão da literatura.....	15
1.1.1 Importância econômica do trigo.....	15
1.1.2 Interação genótipo x ambiente.....	15
1.1.3 Adaptabilidade e estabilidade.....	17
1.1.4 Métodos de adaptabilidade e estabilidade.....	18
1.1.4.1 Annicchiarico.....	18
1.1.4.2 AMMI (<i>Additive Main Effects and Multiplicative Interaction</i>)....	18
1.1.4.3 Máxima verossimilhança restrita (REML) e o melhor preditor linear não viesado (BLUP).....	19
1.1.4.4 O vigor das sementes.....	21
2. Capítulo 1 - Técnicas univariadas, multivariadas e modelos mistos aplicados a adaptabilidade e estabilidade do trigo no Rio Grande do Sul.....	24
2.1 Introdução.....	24
2.2 Material e métodos.....	26
2.3 Resultados e discussão.....	28
2.4 Conclusão.....	40
3. Capítulo 2 - Adaptabilidade e estabilidade multicaráter aplicada a produção de sementes de trigo de alto vigor no Rio Grande do Sul.....	41
3.1 Introdução.....	41
3.2 Material e métodos.....	43
3.3 Resultados e discussão.....	46
3.4 Conclusão.....	57
4. Considerações finais.....	59
Referências.....	61

1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das culturas mais antigas utilizadas pelo homem, constitui um dos principais cereais cultivados no mundo, sendo de fundamental importância para a alimentação humana e animal. A safra agrícola brasileira, no ano de 2016, alcançou a produtividade média de 3.175 kg ha⁻¹ e produção superior a 6,0 milhões de toneladas de grãos, representando o acréscimo de 40% em relação à safra anterior. A ocorrência normais de chuvas aliadas a baixas temperaturas durante o período vegetativo e reprodutivo, com baixa precipitação pluviométrica durante a maturidade e a colheita determinaram o novo recorde para a triticultura brasileira (CONAB, 2017).

No Rio Grande do Sul foram cultivadas, em 2016, mais de 776 mil hectares com trigo, revelando a produtividade média de 3.214 kg ha⁻¹ e produção de 2,49 milhões de toneladas de grãos. A cadeia tritícola apresenta-se em déficit, tornando-se necessidade anual do Brasil, a importação superior a 3,0 milhões de toneladas de grãos. Tal situação mantém relação ao consumo de grãos, uma vez que é estimado em 10,3 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

O trigo é utilizado em várias formulações na indústria alimentícia, apresenta elevada qualidade nutricional, glúten com a capacidade de formar massas elástico-extensíveis, alta capacidade de absorção de água, sendo muito utilizado na elaboração de macarrões, pães, bolos, biscoitos, dentre outros derivados (PELEGRI et al., 2016).

A expressão fenotípica de um caráter é decorrente das características do genótipo, do ambiente e de sua interação, o que resulta na sensibilidade diferencial dos genótipos frente às variações do ambiente, afetando o comportamento produtivo devido às modificações das condições climáticas, e impondo algumas dificuldades na identificação de quais genótipos apresentam o melhor desempenho para determinadas regiões de cultivo (CRUZ et al., 2014). A interação genótipo x ambiente pode ser um entrave para o posicionamento e a recomendação, sendo conveniente utilizar aqueles com ampla adaptabilidade e estabilidade fenotípica (CRUZ & CARNEIRO, 2006). É necessário a avaliação e a estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e

estabilidade para posicionar os genótipos nos melhores ambientes de cultivo (CRUZ et al., 2012; 2014).

Diversas metodologias têm sido empregadas para determinar a adaptabilidade e estabilidade do trigo, estas por sua vez, diferenciam-se em suas premissas e procedimentos biométricos. Destaque é atribuído ao método baseado na análise de variância de Annicchiarico (1992) e no método de AMMI (Additive main effects and multiplicative interaction), assim como, naqueles fundamentados na estimativa dos componentes de variância e em parâmetros genéticos obtidos pela máxima verossimilhança restrita (REML), que revelam algumas vantagens sobre as metodologias tradicionais. Isso por considerarem os efeitos genotípicos como aleatórios e fornecerem a estabilidade e a adaptabilidade através dos valores genéticos (RESENDE et al., 2001; CARBONELL et al., 2007; VERARDI et al., 2009).

As estimativas e predições REML/BLUP permitem minimizar os erros nas inferências realizadas para a estabilidade e a adaptabilidade, obter a seleção de genótipos superiores de forma mais acurada, quando os procedimentos são fundamentados nos valores genéticos do genótipo para realizar a seleção simultânea através da produção de sementes, estabilidade e adaptabilidade considerando os procedimentos da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), desempenho relativo dos valores genéticos (PRVG) e pela média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) (RESENDE, 2007; SILVA et al., 2011; ROSADO et al., 2012).

O vigor é considerado um dos atributos fisiológicos de maior importância para definir o potencial fisiológico das sementes de trigo. Sementes com alto vigor apresentam a capacidade de incrementar a produtividade quando a cultura é conduzida tanto em condições satisfatórias (HAMMAN et al., 2002; SCHEEREN, 2002; CERVIERI FILHO, 2005; MELLO, 2005; KOLCHINSKI et al., 2005; SCHEEREN et al., 2010), como menos favoráveis (HÖFS et al., 2004; MARCOS FILHO & KIKUTI, 2006).

A determinação do vigor em sementes apresenta muitas implicações para as práticas de produção de sementes, desde o monitoramento do potencial fisiológico das sementes durante as fases de produção, beneficiamento e armazenamento, decisões estratégicas para a seleção de

lotes que atendam as exigências dos produtores, assim como na escolha de ambientes de cultivo propícios a produção de sementes de alta performance (MARCOS FILHO, 2015a).

Este estudo teve como objetivo estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de trigo para o caráter produção de sementes através de técnicas univariadas, multivariadas e modelos mistos, assim como, empregar um índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) e proceder a adaptabilidade e estabilidade multicaráter para o vigor das sementes de trigo produzidas em regiões do estado do Rio Grande do Sul.

1.1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1.1 Importância econômica do trigo

O trigo é a principal cultura de inverno na Região Sul do Brasil (LUIZ et al., 2005). No cenário agrícola mundial é o terceiro cereal com maior produção em volume, sendo a utilização dos grãos predominantemente para a alimentação humana e estando entre os maiores produtores a China, Índia, Estados Unidos e a Rússia (FAOSTAT, 2015).

No cenário internacional, o Brasil e o Egito, destacam-se como os dois maiores importadores de grãos deste cereal (CANZIANI & GUIMARÃES, 2009). Apesar do país não ser autossuficiente e não destacar-se entre os principais produtores no âmbito agrícola mundial, o trigo é a quarta cultura em volume de produção de grãos, sendo inferior a soja, o milho e o arroz (CONAB, 2015).

A produção Nacional anual oscila de 5 a 6 milhões de toneladas de grãos, tendo sido estabelecido um novo recorde na safra agrícola 2016, com a produção de 6,7 milhões de toneladas nas Regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-Oeste (MS, GO e DF) (CONAB, 2017). Segundo Gasques et al. (2012), a projeção da produção de trigo para 2021/2022 é de 6,9 milhões de toneladas e consumo estimado é de 11,7 milhões de toneladas.

1.1.2 Interação genótipo x ambiente

Os programas de melhoramento do trigo têm como objetivo desenvolver genótipos produtivos, que contemplem as características agrônomicas desejáveis, que sejam consistentes nos mais distintos ambientes de cultivo, e mantenham seu desempenho em função das modificações impostas pelos fatores bióticos e abióticos.

A probabilidade de obter um genótipo de trigo que reúna tais características torna-se restrita, devido aos genótipos apresentarem grande variação em seu desempenho agrônomico nos ambientes de cultivo caracterizando estes efeitos como a interação genótipo x ambiente. Esta interação consiste no desempenho diferencial dos genótipos frente às

alterações nos ambientes de cultivo, ou seja, é a resposta de cada genótipo específica e ou diferente de outro, em função das modificações que ocorrem nos ambientes de cultivo (ALLARD, 1999; CARVALHO et al., 2002).

O ambiente de cultivo exerce grande efeito sobre a expressão fenotípica. Estes afetam os caracteres agronômicos através de diferentes estímulos e mecanismos fisiológicos (FALCONER, 1987). Allard & Bradshaw (1964) consideram a existência de duas condições que contribuem para a interação genótipo x ambiente, sendo a primeira decorrente de uma variação previsível oriunda das variações ambientais inerentes a cada área de distribuição da cultura. Há também a variação imprevisível ocasionada pela sazonalidade das chuvas, temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, incidência de patógenos e insetos-praga, ocorrência de geadas e granizo (CARVALHO et al., 2017).

As causas genéticas da interação genótipo x ambiente podem ser atribuídas a fatores fisiológicos, bioquímicos, adaptativos e relativos à escala de representação dos caracteres (CRUZ et al., 2014). Entre os fatores fisiológicos e bioquímicos que afetam o desempenho do genótipo, destaca-se a capacidade de absorção, transporte e uso dos nutrientes, competição intraespecífica e interespecífica entre as plantas, tolerância a herbicidas e alelopatia, eficiência no uso da água, nutrientes e interceptação da radiação solar pelas folhas, e à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese (RAMBO et al., 2003; HEINEMANN et al., 2006).

A interação genótipo x ambiente, segundo Vencovsky & Barriga (1992), é determinada geneticamente devido às diferenciações entre os genótipos utilizados. Kang (1998) considera que a interação é decorrente das modificações na expressão gênica dos caracteres em função dos ambientes de cultivo. Para Mather & Jinks (1984) a interação genótipo x ambiente ocorre devido aos efeitos do ambiente sobre a constituição genética dos genótipos, vindo a influenciar na expressão fenotípica.

A interação genótipo x ambiente influencia na confiabilidade da seleção e recomendação dos genótipos para um determinado grupo de ambientes (ROSADO et al., 2012). A capacidade do genótipo em manter seu desempenho estável frente às alterações do ambiente de cultivo é denominada como

homeostase, na qual a planta passa por aclimação e ajuste de funções fisiológicas frente às mudanças do ambiente (LAVORENTI & MATSUOKA, 2001). Esta capacidade de manter seu desempenho é atribuída à plasticidade fenotípica para os atributos morfológicos e fisiológicos da planta (HOFFMANN & PARSONS, 1996; RAMBO et al., 2003).

1.1.3 Adaptabilidade e estabilidade

Atualmente ocorre busca por genótipos caracterizados como genótipo ideal, caracterizado como de alta produtividade, ampla estabilidade fenotípica, pouco sensível as condições adversas impostas pelos ambientes desfavoráveis e que em contrapartida, seja responsivo a melhoria do ambiente (EBERHART & RUSSEL, 1966; CRUZ et al., 2014).

As análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípicas possibilitam a identificação de quais genótipos revelam desempenho previsível ou estável e que sejam responsivos às variações do ambiente, revelando quais deles necessitam condições específicas para obter os melhores resultados (CRUZ et al., 2014). Segundo Mariotti et al. (1976), existem várias dificuldades para o esclarecimento destes termos, porém, sugerem que a adaptabilidade caracteriza-se por ser a capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente. A estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações dos ambientes (BONATO, 1978; SANTOS 1980; LEITE, 1988; CRUZ & REGAZZI, 1994).

Com intuito de avaliar um grupo de genótipos cultivados em muitos ambientes, existe na literatura um grande número de metodologias destinadas a análises de adaptabilidade e estabilidade. Estas metodologias são fundamentais para a interpretação da interação genótipo x ambiente e contribuem para distinção de conceitos e para a aplicação de princípios estatísticos consolidados. A escolha de qual método de análise de adaptabilidade e estabilidade deve ser utilizado é ponderado pelos objetivos do estudo, número de genótipos, de ambientes, e da qualidade dos dados mensurados (CRUZ et al., 2012; CRUZ et al., 2014; CARVALHO et al., 2017).

1.1.4 Métodos de adaptabilidade e estabilidade

1.1.4.1 Annicchiarico

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se na análise de variância conjunta dos experimentos, onde se realizam os desdobramentos da soma de quadrados dos efeitos de ambientes de cultivo e da interação genótipo x ambiente (CRUZ & CARNEIRO 2006; CRUZ et al., 2014). O método estima um índice de confiança, dado por $\omega_i(g) = \mu_i(g) - z(i-\alpha) \sigma_i(g)$, onde se consideram todos os ambientes de cultivo, em que $\mu_i(g)$ seja a média percentual dos genótipos i ; $\sigma_i(g)$ o desvio padrão dos valores z_{ij} , associado ao i -ésimo genótipo; $z(i-\alpha)$ é o percentual da função de distribuição normal padrão. Segundo Condé et al. (2010), este método se apresenta eficiente na determinação de quais genótipos são estáveis fenotipicamente. Pereira et al. (2009), recomendam o uso do método de Annicchiarico (1992) para identificar genótipos estáveis e produtivos.

Para obter as inferências desta análise os dados mensurados são transformados previamente em magnitudes percentuais, onde se considera a média dos genótipos para cada ambiente de cultivo. Posteriormente, estes são classificados como favoráveis ou desfavoráveis, verifica-se um índice ambiental com intuito de evidenciar a qualidade do ambiente de cultivo testado e desta forma, os índices superiores ao médio são denominados como ambientes favoráveis. Em contrapartida, índices inferiores ao médio são considerados como desfavoráveis (CRUZ et al., 2014).

1.1.4.2 AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*)

O método de AMMI é embasado nos efeitos aditivos e multiplicativos, este método apresenta-se eficiente para a seleção de genótipos pois possibilita compreender detalhadamente a soma de quadrados da interação G x A. Este detalhamento facilita o entendimento por combinar em um único modelo estatístico os efeitos genotípicos, de ambientes e multiplicativos da interação (GARCÍA-PEÑA & DIAS, 2009). A análise de AMMI propicia identificar quais

genótipos são superiores e especificamente adaptados, podendo ser usado na determinação dos melhores ambientes agrícolas para a produção de sementes. Possibilita o posicionamento eficiente dos genótipos (ZOBEL et al., 1988).

Este método permite gerar um gráfico Biplot que admite compreender e visualizar quais genótipos são inerentes a determinados ambientes de cultivo, possibilita representar os resultados da análise dos componentes principais utilizando os vetores estimados (EPCA1). Após a análise de variância procede-se a decomposição em componentes aditivos, média de genótipos e ambientes, e os efeitos multiplicativos da interação (SILVA & BENIN, 2012).

1.1.4.3 Máxima verossimilhança restrita (REML) e o melhor preditor linear não viesado (BLUP)

O princípio da verossimilhança foi desenvolvido por Fischer em 1922, onde assume que o modelo é verdadeiro e somente os valores dos parâmetros necessitam ser determinados. Desta forma, a função da verossimilhança fornece uma medida exata da incerteza e resume toda a informação que os dados fornecem para um parâmetro desconhecido. Suas estimativas são relativas e não absolutas e para grandes amostras os métodos convencionais aproximam-se dos resultados obtidos pela verossimilhança, sendo um método exato que independe do tamanho amostral ou da distribuição que os dados assumem (RESENDE et al., 2014).

A verossimilhança é um modelo que considera conjuntamente os efeitos fixos e aleatórios sendo denominados de modelos mistos, desta maneira, as inferências realizadas para os efeitos fixos são definidas como estimativas, em contrapartida, para os efeitos aleatórios o termo correto é predição (LYNCH & WALSH, 1998). Efeitos aleatórios são atribuídos aos fatores de variação referentes à amostra representativa da população, em contrapartida, efeitos fixos são atribuídos a aqueles fatores de variação delimitados e restritos aos níveis pré-estabelecidos (BARBIN, 1993).

A máxima verossimilhança (ML) é baseada na obtenção do ponto da máxima função, sendo definida como a função densidade de probabilidade conjunta para todas as observações experimentais. Como desvantagem, este modelo não considera a perda dos graus de liberdade, devido à estimativa dos

efeitos fixos e isso culmina em estimadores viesados (RESENDE et al., 2014). Busca-se obter estimadores consistentes, eficientes, que atendam a distribuição normal, seguindo os pressupostos de não tendenciosidade, imparcialidade, não ser viesado e que o estimador esteja centrado no próprio parâmetro. Este estimador deve apresentar consistência com propriedade assintótica, e seu valor não deve se alterar devido ao aumento do tamanho amostral, devendo revelar precisão com variância mínima (CECON et al., 2012).

Diante da necessidade de minimizar algumas imperfeições atribuídas ao método da máxima verossimilhança (ML), estudos de Patterson & Thompson (1971) desenvolveram a máxima verossimilhança restrita (REML) que permitiu eliminar o viés intrínseco da máxima verossimilhança. Entretanto, manteve as demais propriedades dos estimadores não viesados e componentes positivos. A abordagem REML permite decompor a variância total obtida em um determinado ensaio experimental em componentes de variância, sendo estes não influenciados pelos efeitos fixos do modelo e ponderados pelos graus de liberdade, isto proporcionou obter estimadores não viciados e fidedignos (RESENDE et al., 2014). O REML revela uma maior dificuldade matemática, mas possibilita obter os componentes de variância em situações onde não há normalidade e dados balanceados, permitindo que estas estimativas não sejam negativas (LYNCH & WALSH, 1998).

Na compreensão do valor genético de um determinado genótipo, a predição de valores tornou-se possível a partir do ano de 1963 após estudos de Henderson, o qual, compilou em um só modelo o método dos mínimos quadrados de Yates (1931), os índices de seleção de Lush & Wright (1931) e as inferências obtidas pelo melhor preditor linear, denominando-se o novo modelo de melhor preditor linear não viesado (*Best Linear Unbiased Prediction -BLUP*). Estas técnicas computacionais iterativas estão comumente associadas às metodologias dos modelos mistos (REML) para obtenção dos componentes de variância e parâmetros genéticos (CRUZ et al., 2014; RESENDE et al., 2014).

Utiliza-se a máxima verossimilhança restrita (REML) conjugada ao melhor preditor linear não viesado (BLUP), onde se assume que os componentes de variância são conhecidos e os efeitos genéticos são

considerados aleatórios (CRUZ et al., 2014). A metodologia REML/BLUP maximiza a relação entre a predição do valor genético, com o verdadeiro valor genético, onde se busca minimizar o erro de predição (RESENDE et al., 2014).

Esse método tem sido utilizado na análise de produtividade de grãos, estabilidade e adaptabilidade em diferentes culturas, a exemplo de culturas perenes *Eucalyptus* (SANTOS et al., 2016; ROSADO et al., 2012), cana-de-açúcar (XAVIER et al., 2014) e anuais como: aveia branca (COIMBRA et al., 2005), arroz (BORGES et al., 2010; NETO et al., 2013), cenoura (SILVA et al., 2011), café (ROCHA et al., 2015; RAMALHO, 2016), feijão (TORRES et al., 2015; PEREIRA et al., 2016), algodão (CARVALHO et al., 2016), milho (NARDINO et al., 2016; DE SOUZA et al., 2015; BARETTA et al., 2016), trigo (NARDINO et al., 2016; PIMENTEL et al., 2014; SILVA et al., 2011; BORNHOFEN, 2015).

1.1.4.4 O vigor das sementes

O potencial fisiológico das sementes rotineiramente é avaliado por meio do teste de germinação (BRASIL, 2009), o qual analisa a capacidade das sementes produzirem plântulas normais, em condições ótimas de temperatura, umidade e substrato (LIMA et al., 2006). Nem sempre tal teste revela diferenças de desempenho entre os genótipos sob condições adversas, após a semeadura ou durante o armazenamento.

No campo sob presença de estresse hídrico ou térmico, as respostas apresentadas pelas sementes podem ser variadas (MAIA et al., 2007). A avaliação do vigor permite distinguir com maior segurança as sementes de genótipos de alto ou de baixos níveis de qualidade fisiológica, fornecendo informações adicionais ao teste de germinação.

O termo vigor das sementes foi introduzido por Nobbe em 1876, em 1911 Hiltner & Ihssen utilizaram o termo “*triebkraft*” que implica em “força motriz” e “tiro força”, para destacar as sementes que produziram mudas com raízes mais longas em comparação com aquelas sementes que resultavam em plantas mais fracas do mesmo lote. As primeiras abordagens sobre o vigor das sementes e sua avaliação foram incluídas com o teste grit tijolo (Hiltner & Ihssen (AOSA, 1983), com condutividade elétrica Fick & Hibbard, (1925), com a

velocidade de germinação Stahl, (1931) e com a realização das primeiras observações referente ao teste de frio Alberts (1927) e Tatum & Zuber (1943) (MARCOS FILHO, 2015b).

Sementes com alto vigor refletem na maior velocidade de emergência, superior uniformidade do estande e no maior tamanho de plântulas, maiores acúmulo de massa seca, aproveitamento de água, radiação luminosa e de nutrientes, proporcionando maior produtividade de grãos (SCHEEREN et al., 2010; PESKE et al., 2012; MARCOS FILHO, 2015). Sementes de baixo vigor resultam em atraso na germinação, ao gerar plântulas fracas que comprometem o estande final de plantas (NAKAGAWA, 1999).

As estimativas da emergência e do estabelecimento de plântulas a campo pode ser complicada, sendo recomendado a utilização de testes de vigor baseados em princípios distintos de avaliação na determinação do potencial fisiológico de lotes (MARCOS FILHO, 2015b).

O teste de envelhecimento acelerado é considerado um dos mais sensíveis e eficientes para a avaliação do vigor das sementes. Seus primórdios foram baseados nas observações de Crocker & Groves (1915), os quais verificaram a deterioração e a morte das sementes, devido ao aquecimento da massa. Helmer et al. (1962), revelaram que as respostas à exposição das sementes a temperaturas de 35°C e 40°C em associação a umidade relativa do ar de 100% estão intimamente relacionadas com o vigor das sementes. Delouche & Baskin (1973) propuseram tendo adequada aceitação, o teste de envelhecimento acelerado para várias espécies, com objetivo de avaliar o vigor e o potencial de armazenamento (MARCOS FILHO, 2015a).

Neste teste as sementes absorvem água em ambientes com temperaturas e umidade elevadas. Diversos fatores podem exercer influência, a exemplo do genótipo, teor de água inicial e tamanho das sementes, período de permanência das amostras no interior da câmara de envelhecimento, temperatura, tratamento químico, quantidade e disposição das sementes sobre a tela metálica (PESKE et al., 2012).

Atualmente, é utilizado para avaliar o vigor das sementes de diversas espécies, estando incluso em programas internos de qualidade conduzidos por empresas produtoras de sementes. Em período de tempo relativamente curto, torna-se possível a obtenção de informações bastante seguras sobre o

potencial de armazenamento das sementes (KRZYZANOWSKI et al., 1999; MARCOS FILHO, 2015).

O princípio do teste de condutividade elétrica foi inicialmente proposto por Fick & Hibbard em 1925 em associação à baixa germinação das sementes, sendo observada elevada liberação de solutos durante sua embebição. É baseado na relação existente entre o vigor das sementes e a integridade do sistema de membranas celulares e seu princípio estabelece que as sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante o período da embebição, liberando maior quantidade de soluto ao meio externo. Na lixiviação estão inclusos açúcares, aminoácidos, proteínas, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos, cujo a intensidade de lixiviação depende do estado de desorganização das membranas presentes na semente. Quanto maior a liberação de eletrólitos, menor o vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2005; LOPES & FRANQUE, 2010).

A primeira contagem de germinação é considerada como um teste indicativo do vigor, baseado no princípio de que as amostras com maior porcentagem de plântulas normais, possuem maior vigor. Tem sido utilizada na cultura do trigo com este fim por diversos autores (GEORGIN et al., 2014; DOURADINHO et al., 2015; MENDONÇA et al., 2015; COTRIM et al., 2016).

2. CAPÍTULO I

Técnicas univariadas, multivariadas e modelos mistos aplicados a adaptabilidade e estabilidade do trigo no Rio Grande do Sul

2.1 Introdução

O rendimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) é determinado pela expressão das características genéticas, influência do ambiente de cultivo e da interação entre estes fatores (MOHAMMAD & AMRI, 2009). A resposta diferencial dos genótipos cultivados em diferentes ambientes é conceituada como a interação dos genótipo x ambiente ($G \times A$), com ação na relação fenotípica e genética, a qual, influencia na recomendação dos genótipos para ambientes distintos de cultivo (YAN & HOLLAND, 2010; CRUZ et al., 2014). Devido aos efeitos desta interação busca-se alternativas para inferir sobre recomendações de genótipos para ambientes específicos (CAMPBELL & JONES, 2005).

Diversos métodos estatísticos foram desenvolvidos para identificar e quantificar os efeitos dos genótipos e ambientes, possibilitando interpretar fenômenos biológicos através destas ferramentas. Almeja-se um genótipo ideal que revele altos níveis produtivos, uma ampla estabilidade fenotípica, apresente menor sensibilidade às condições adversas impostas por ambientes desfavoráveis e que seja responsivo aos ambientes favoráveis (CRUZ et al., 2014; Da SILVA et al., 2016).

As metodologias baseadas na análise de variância como o método de Annicchiarico (1992), permitem inferir sobre a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, revelar índices baseados no desempenho da média do genótipo, efeitos do ambiente e obter um índice de confiança para definir sobre a superioridade do genótipo, conjuntamente, estabelecendo um índice ambiental que aponta quais os ambientes favoráveis ou desfavoráveis (CRUZ et al., 2014). Este método foi utilizado em trigo por Condé et al. (2010), na soja (POLIZEL et al., 2013; JÚNIOR et al., 2015; SZARESKEI et al., 2016) e no milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009, 2007; CARVALHO et al., 2016b).

É imprescindível revelar a contribuição dos fatores de variação para a variação total do caráter. Esta alternativa possibilita utilizar a contribuição

relativa da soma de quadrados (CRSQINT) dos genótipos e ambientes de cultivo para a interação, definindo quais foram os níveis de tratamento que mais influenciaram a interação ($G \times A$) para o caráter produção de sementes. Similarmente, o uso de técnicas multivariadas e análises gráficas *Biplot* facilitam as inferências para as interações complexas, permitem interpretações menos viesadas, com informações expressas de maneira simples e fidedignas (MA et al., 2004; SENA et al., 2002).

A utilização da técnica AMMI (*Additive main effects and multiplicative interaction analysis*), combina a análise de variância (univariada) e os componentes principais (multivariada), onde ajusta os efeitos dos genótipos, ambientes e da interação ($G \times A$) (ZOBEL et al., 1988; SILVA & BENIN 2012). Esta técnica estatística é composta por uma fração aditiva que reúne a média geral, os efeitos genotípicos e de ambientes, os efeitos residuais que compõem a proporção multiplicativa do modelo, posteriormente, se junta os termos aditivos e multiplicativos da interação ($G \times A$) (SILVA & BENIN, 2012). A análise AMMI tem sido utilizada em culturas de interesse agrônomo como o trigo (MA et al., 2004; ROOZEBOOM et al., 2008; SILVA et al., 2011; RODRÍGUEZ et al., 2011; CASTILLO et al., 2012; AHMADI et al., 2012; BENIN et al., 2012), soja (MAIA et al., 2006; MEOTTI et al., 2012; YOKOMIZO et al., 2013; BRANQUINHO et al., 2014; SOUZA et al., 2015; CARVALHO et al., 2016c; SILVEIRA et al., 2016), milho (BALESTRE et al., 2009), feijão (PEREIRA et al., 2014).

Ao utilizar a abordagem estatística baseada na máxima verossimilhança restrita (REML) é possível obter a maior eficiência agrônoma na estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos, onde se aplica um *ranking* com o índice de genótipos adaptados e estáveis, baseando-se nos efeitos genéticos (RESENDE, 2002). Estas inferências utilizam uma abordagem dos modelos lineares mistos que foram amplamente utilizadas em culturas anuais, da mesma forma, em autógamas são uma boa estratégia para melhorar a eficiência no posicionamento dos genótipos (RAMALHO & ARAÚJO, 2011). Este procedimento permite obter estimativas mais precisas dos parâmetros genéticos (RESENDE, 2016).

O Rio Grande do Sul apresenta uma extensa área de cultivo, contudo as condições edafoclimáticas apresentam-se distintas, afetando de maneira significativa o comportamento dos genótipos.

O emprego de diferentes metodologias para orientar o posicionamento de genótipos em determinados ambientes é crucial, pois permite compreender quais genótipos de trigo são específicos para determinados ambientes de cultivo. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de trigo cultivados no estado do Rio Grande do Sul através das técnicas univariadas, multivariadas e modelos mistos.

2.2 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos em duas safras agrícolas em cinco ambientes do Rio Grande do Sul, sendo que para o estudo foi considerado como ambiente o efeito safra agrícola, totalizando assim 10 ambientes de cultivo. As informações detalhadas dos ambientes de cultivo estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1: Informações geográficas, tipo de solo, altitude (Alt.), referentes aos cinco ambientes de cultivo e as safras agrícolas.

Sigla	Safras Agrícolas	Ambientes de cultivo	Coordenadas geográficas	Alt. (m)	Tipo de solo
A1	I	Cachoeira do Sul-RS	30°17'52"S-52°57'54"O	113	Planossolo Háplico arênico
A2	I	Passo Fundo-RS	28°13'17"S-52°19'39"O	709	Latossolo Vermelho típico
A3	I	Santo Augusto-RS	27°54'47"S-53°49'04"O	503	Latossolo Vermelho típico
A4	I	São Gabriel-RS	30°20'09"S-54°10'21"O	159	Planossolo Háplico arênico
A5	I	São Luiz Gonzaga-RS	28°24'42"S-54°45'45"O	270	Latossolo Vermelho típico
A6	II	Cachoeira do Sul-RS	30°17'52"S-52°57'54"O	113	Planossolo Háplico arênico
A7	II	Passo Fundo-RS	28°13'17"S-52°19'39"O	709	Latossolo Vermelho típico
A8	II	Santo Augusto-RS	27°54'47"S-53°49'04"O	503	Latossolo Vermelho típico
A9	II	São Gabriel-RS	30°20'09"S-54°10'21"O	159	Planossolo Háplico arênico
A10	II	São Luiz Gonzaga-RS	28°24'42"S-54°45'45"O	270	Latossolo Vermelho típico

***Fonte:** Embrapa,1999; Santos et al., 2013; Streck, 2008.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, organizado em esquema fatorial, sendo dez ambientes x 42 genótipos de trigo recomendados para o estado do Rio Grande do Sul, dispostos em três repetições. Os genótipos utilizados foram: Abalone, Ametista, BRS 296, BRS 327, BRS 328, BRS 331, BRS 374, BRS Guabiju, BRS Guamirim, BRS Louro,

BRS Umbu, Campeiro, CD 114, CD 117, CD 119, CD 120, CD 121, CD 122, CD 123, FPS Nitron, Fundacep 52, Fundacep Bravo, Fundacep Campo Real, Fundacep Cristalino, Fundacep Horizonte, Fundacep Nova Era, Fundacep Raízes, JF 90, Marfim, Mirante, Onix, Quartzo, Safira, Supera, TBIO Alvorada, TBIO Iguaçu, TBIO Itaipu, TBIO Mestre, TBIO Seletto, TBIO Sinuelo, TBIO Tibagi e Topázio.

As unidades experimentais foram constituídas por cinco linhas de semeadura espaçadas por 0,20 metros e cinco metros de comprimento. A semeadura dos ambientes de cultivo para ambas as safras agrícolas ocorreram entre a segunda quinzena de maio e a primeira quinzena de junho de cada safra. A densidade populacional utilizada foi de 330 sementes viáveis por metro quadrado. O manejo nutricional foi constituído por 250 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 08-25-20 na base de semeadura, utilizou-se 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio por cobertura na forma de ureia (46% de N) em uma única aplicação no estágio de pleno afilhamento, os manejos de plantas daninhas, insetos-praga e doenças foram padronizados para todos os ambientes e genótipos, seguindo as Recomendações Técnicas do Trigo (RCBPTT, 2012).

A produção de sementes (PROD) foi obtida por meio da colheita da área útil de cada unidade experimental (5,0 m²), sendo a massa de grãos ajustada para 13% de umidade, posteriormente estimada em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada ambiente de cultivo, com intuito de identificar se o modelo atendia as pressuposições (RAMALHO et al., 2000). Posteriormente, procedeu-se a análise conjunta com a finalidade de identificar a presença da interação entre ambientes de cultivo x genótipos de trigo a 5% de probabilidade. Ao identificar a interação desmembrou-se a soma de quadrados da interação aos efeitos simples, e se obteve a contribuição relativa da soma de quadrados (CR_SQ_INT) que revelou quais foram os níveis de tratamento que mais influenciaram a interação (G x A).

Posteriormente utilizou-se os métodos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de Annicchiarico (1992) baseado no modelo $\omega_i = \mu - z(1-\alpha) \sigma_{zi}$. Onde: ω_i é um índice de confiança expresso em percentual, μ é a média do genótipo i , z é o percentil da função de distribuição normal acumulada; α ; nível de significância atribuído; σ_{zi} ; desvio-padrão dos valores percentuais (CRUZ et al.,

2014). Utilizou-se o método multivariado AMMI que combina as variâncias dos efeitos aditivos de genótipos e dos ambientes, conjuntamente ao efeito multiplicativo da interação genótipo x ambiente, onde as inferências obtidas são expostas de forma *Biplot* através da análise de componentes principais (ZOBEL et al., 1988).

Seguiu-se o modelo: $Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k y_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$ em que: Y_{ij} é a resposta média das repetições do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, 3, \dots, g$) no j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, 3, \dots, e$); μ é a média de todos os genótipos em todos os ambientes (média geral); g_i é o efeito principal do genótipo i ; a_j é o efeito principal do ambiente j ; λ_k , y_{ik} e α_{jk} são os termos da decomposição singular da matriz $GA_{g \times e} = \{(ga)_{ij}\}$, que expressam e capturam o “padrão” associado à interação do genótipo i com o ambiente j , sendo $(ga)_{ij}$ os desvios de aditividade dos dados (Y_{ij}) em relação aos efeitos principais g_i e a_j ; ρ_{ij} é um ruído adicional a ser eliminado da análise, relativamente ao termo $(ga)_{ij}$, tomado como a interação, e ε_{ij} é o erro experimental (DUARTE & VENCOSKY, 1999).

Em seguida aplicou-se o método baseado na máxima verossimilhança restrita (REML), onde se obteve a análise de *Deviance* com a finalidade de identificar a significância para os parâmetros a 5% de probabilidade pelo teste do qui-quadrado, posteriormente estimou-se os componentes de variância e parâmetros genéticos (SPILKE et al., 2005). Utilizou-se o modelo estatístico 54 que permite obter inferências conjuntas de adaptabilidade e estabilidade através do *ranking* (MHPRVG) obtido pela média harmônica ponderada dos valores genotípicos (RESENDE, 2007). As análises estatísticas foram realizadas através dos softwares Genes (CRUZ, 2013), programa R (R Core Team, 2015[®]) e Selegen (RESENDE, 2007).

2.3 Resultados e discussão

A análise de variância a 5% de probabilidade revelou interação entre os ambientes de cultivos x genótipos de trigo para a produção de sementes, o que possibilitou a obtenção das estimativas de adaptabilidade e estabilidade fenotípica. O experimento apresentou coeficiente de variação de 20% e de acordo com a classificação de Pimentel Gomes (2009), foi conduzido de maneira adequada, com estimativas fundamentadas e fidedignas.

Com base nas inferências obtidas pela contribuição relativa da soma de quadrados para a interação (CR_SQ_INT), observou-se que os ambientes A6 (Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II), A4 (São Gabriel - RS, safra agrícola I), A1 (Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola I) e A8 (Santo Augusto - RS, safra agrícola II), contribuíram de forma superior para a interação (Tabela 2), ou seja, são ambientes que podem apresentar menor estabilidade fenotípica para a realização de ensaios e posicionamento dos genótipos de trigo. Em contrapartida, os ambientes A2 (Passo Fundo - RS, safra agrícola I), A3 (Santo Augusto - RS, safra agrícola I), A5 (São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola I) e A9 (São Gabriel - RS, safra agrícola II), foram àqueles ambientes que menos contribuíram para a interação ($G \times A$), não revelando modificações abruptas ao desempenho produtivo dos genótipos.

Em relação aos genótipos observou-se maior estabilidade com base na CR_SQ_INT para os genótipos Ametista, BRS 328, CD 114, CD 117, CD 122, CD 123, Fundacep Bravo, Fundacep Cristalino, Fundacep Nova Era, Onix, TBIO Alvorada e TBIO Seleto referentes aos ambientes testados. No entanto, os genótipos Mirante, Fundacep 52, BRS 374, CD 121, Fundacep Campo Real, BRS Guabiju, TBIO Sinuelo, BRS 296, BRS 331, Quartzo, TBIO Mestre, BRS Umbu, Supera, CD 119, Campeiro, JF 90, TBIO Tibagi, Topázio e BRS Louro foram os genótipos que mais influenciaram a interação ($G \times A$), estes implicam em maiores cuidados no posicionamento diante os ambientes de cultivo.

O método de Annicchiarico (1992) permitiu elencar como favoráveis para a produção de sementes os ambientes A4 (São Gabriel - RS, safra agrícola I), A6 (Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II), A7 (Passo Fundo - RS, safra agrícola II), A8 (Santo Augusto - RS, safra agrícola II), A9 (São Gabriel - RS, safra agrícola II) e A10 (São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II). Em contrapartida, os ambientes A1 (Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola I), A2 (Passo Fundo - RS, safra agrícola I), A3 (Santo Augusto - RS, safra agrícola I) e A5 (São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola I) apresentaram-se desfavoráveis (Tabela 2). Estes resultados podem estar atrelados à ocorrência de geadas tardias, que de modo geral comprometeu negativamente todos ambientes estudados, na safra agrícola I, com exceção observada para o ambiente A4. O trigo é uma planta favorecida pelas condições frias e seu desempenho é superior em regiões com predomínio de baixas temperaturas, pois o excesso

de calor e as baixas altitudes são responsáveis pelo decréscimo da produtividade, onde resultam no desenvolvimento e senescência precoce, aumento da respiração e a redução da fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2011).

Para o efeito de genótipos o método de Annicchiarico (1992) revelou de forma geral a estabilidade para os genótipos TBIO Sinuelo (16,8%), Quartzo (15,6%), BRS 327 (13,7%), Mirante (12,6%), TBIO Seletto (10,2%), BRS Guamirin (9,7%), Topázio (9,5%), Ametista (7,6%) e BRS Louro (6,2%) se mantiveram estáveis para a produção de sementes nos ambiente de estudo. No entanto, os genótipos CD 117 (-13,7%), BRS 331 (-12,6%), CD 123 (-12,1%) e CD 120 (-11,5%) não foram estáveis de forma geral (Tabela 2).

O posicionamento dos genótipos de trigo com alta performance é essencial para potencializar a lucratividade do produtor, contudo algumas situações como os limites mínimos de altitude, época de semeadura, condições climáticas, características edáficas, fatores abióticos e a interação ($G \times A$) dificultam a tomada de decisão quanto ao posicionamento dos genótipos.

Para os ambientes classificados como favoráveis (A4, A6, A7, A8, A9 e A10) destacaram-se os genótipos Mirante (16,8%), TBIO Sinuelo (16,3%), Quartzo (15,7%), BRS 327 (9,6%), Topázio (7,9%), BRS Louro (7,4%) e TBIO Mestre (6,2%). Pesquisas de Condé et al. (2010), avaliaram os genótipos de trigo e verificaram que o método de Annicchiarico (1992) foi eficiente para determinar quais genótipos e ambientes foram favoráveis para produção de sementes . No entanto, os genótipos CD 117 (-15,8%), CD 123 (-15,5%), Fundacep Nova Era (-9,8%), BRS Guabiju (-9,3%), Safira (-8,3%), BRS 328 (-8,3%) e CD 120 (-8,2%) não foram satisfatórios para os ambientes favoráveis (Tabela 2).

Tabela 2: Estimativas de estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992), e a contribuição relativa pela soma de quadrados da interação G x A (CR_SQ_INT), para o caráter produção de sementes (kg ha⁻¹) mensurados em 42 genótipos de trigo cultivados em Cachoeira do Sul – RS, Passo Fundo – RS, Santo Augusto – RS, São Gabriel – RS e São Luiz Gonzaga – RS nas safras agrícolas I e II.

Genótipos	CR_SQ_INT	Geral (%)	Favorável (%)	Desfavorável (%)	Genótipos	CR_SQ_INT	Geral (%)	Favorável (%)	Desfavorável (%)
Abalone	2,2*%	98,6	93,4	106,3	Fundacep Bravo	1,9*%	96,1	95,0	97,8
Ametista	1,9*%	107,6	103,9	113,3	Fundacep Campo Real	3,3*%	94,6	103,5	81,3
BRS 296	2,9*%	93,6	100,3	83,6	Fundacep Cristalino	1,4*%	97,7	94,1	103,0
BRS 327	2,2*%	113,7	109,6	120,0	Fundacep Horizonte	2,1*%	100,2	99,3	101,4
BRS 328	1,6*%	91,5	91,7	91,2	Fundacep Nova Era	1,6*%	91,8	90,2	94,3
BRS 331	2,8*%	87,4	94,5	76,7	Fundacep Raízes	2,0*%	97,0	99,5	93,2
BRS 374	3,3*%	100,6	102,2	98,0	JF 90	2,5*%	91,9	97,7	83,2
BRS Guabiju	3,0*%	93,6	90,7	97,9	Marfin	2,3*%	101,0	101,9	99,6
BRS Guamirin	2,2*%	109,7	104,1	118,0	Mirante	3,6*%	112,6	116,8	106,2
BRS Louro	2,4*%	106,2	107,4	104,4	Onix	1,9*%	96,9	97,0	96,8
BRS Umbu	2,6*%	102,0	103,9	99,0	Quartz	2,7*%	115,6	115,7	115,5
Campeiro	2,5*%	103,2	105,7	99,5	Safira	2,3*%	93,7	91,7	96,7
CD 114	1,9*%	100,2	95,1	107,9	Supera	2,5*%	97,2	101,1	91,3
CD 117	1,8*%	86,7	84,2	90,3	TBIO Alvorada	1,7*%	102,7	98,8	108,6
CD 119	2,5*%	90,8	93,8	86,1	TBIO Iguaçu	2,2*%	100,1	97,5	103,8
CD 120	2,3*%	88,5	91,8	83,6	TBIO Itaipu	2,1*%	104,4	101,7	108,4
CD 121	3,3*%	100,1	101,4	98,2	TBIO Mestre	2,7*%	106,2	106,2	106,2
CD 122	1,6*%	97,5	96,7	98,7	TBIO Seleta	1,5*%	110,2	102,4	121,9
CD 123	1,4*%	87,9	84,5	93,1	TBIO Sinuelo	2,9*%	116,8	116,3	117,5
FPS Nitron	2,3*%	101,9	103,3	99,8	TBIO Tibagi	2,4*%	105,6	106,8	103,7
Fundacep 52	3,4*%	95,1	98,5	89,9	Topázio	2,2*%	109,5	107,9	111,7
Ambiente de cultivo					Índice	CR_SQ_INT (%)	Classe		
A1	Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola I				-879,9	14,1*	Desfavorável		
A2	Passo Fundo - RS, safra agrícola I				-2.359,3	1,2	Desfavorável		
A3	Santo Augusto - RS, safra agrícola I				-1.750,2	4,9	Desfavorável		
A4	São Gabriel - RS, safra agrícola I				63,0	14,7*	Favorável		
A5	São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola I				-802,2	3,8	Desfavorável		
A6	Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II				1.462,6	19,3*	Favorável		
A7	Passo Fundo - RS, safra agrícola II				824,6	9,6*	Favorável		
A8	Santo Augusto - RS, safra agrícola II				2.173,4	13,9*	Favorável		
A9	São Gabriel - RS, safra agrícola II				917,8	8,5	Favorável		
A10	São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II				350,1	9,5*	Favorável		

*significância a 5% de probabilidade pelo teste F para cada nível do fator de variação.

Nos ambientes classificados como desfavoráveis (A1, A2, A3 e A5) destacaram-se os genótipos TBIO Seletto (21,9%), BRS 327 (20,0%), BRS Guamirin (18,0%), TBIO Sinuelo (17,5%), Quartzo (15,5%), Ametista (13,3%) e Topázio (11,7%). Em contrapartida, os genótipos BRS 331 (-23,3%), Fundacep Campo Real (-18,7%), JF 90 (-16,8%), BRS 296 (-16,4%), CD 120 (-16,4%), CD 119 (-13,9%) e Fundacep 52 (-10,1%), foram os genótipos mais exigentes quanto às condições intrínsecas do ambiente de cultivo (Tabela 2).

Neste estudo 52% dos genótipos foram superiores ao índice de confiança geral obtido para o caráter produção de sementes no método de Annicchiarico (1992). Pesquisas de Junior. (2014) avaliaram genótipos de trigo em dez ambientes de cultivo em duas safras agrícolas e revelaram que apenas 28% dos genótipos foram considerados estáveis para a produtividade através do método de Annicchiarico (1992). Segundo Pereira et al. (2009), este método é eficiente para indicar quais são os genótipos mais estáveis.

A análise de AMMI evidencia os efeitos do genótipo, do ambiente e da interação ($G \times A$) conjuntamente. Esta representação simultânea fornece informações referentes à estabilidade e a adaptabilidade fenotípica, que permite o zoneamento agrônômico e possibilita a seleção dos melhores genótipos (YOKOMIZO et al., 2013). Quanto mais o primeiro eixo de IPCA da análise de AMMI explica a variação total do caráter, maior será o percentual “padrão” com menores ruídos ou erros atribuídos a análise (OLIVEIRA et al., 2003). Observa-se para o primeiro eixo (EPCA1) efeito significativo que representa 86,2% da soma de quadrados da interação ($G \times A$). Esta proporção encontra-se relativamente acima da variação comumente observada em pesquisas com a cultura da soja 43,1% (SILVEIRA et al., 2016); 44,0% (YOKOMIZO et al., 2013); 36,0% (OLIVEIRA et al., 2003); 26,0% (ROCHA et al., 2004); 39,8% (MAIA et al., 2006); 36% (OLIVEIRA et al., 2006); 61,6% (CARVALHO et al., 2016c), feijão 45,9% (MELO et al., 2007). Isto indica que os efeitos de genótipos, ambientes e da interação ($G \times A$) foram bem representados pelas estimativas obtidas.

Este modelo é relativamente simples e apresenta poucos termos multiplicativos, onde proporciona obter estimativas diferenciais para os genótipos (YOKOMIZO et al., 2013). Pesquisas de Silva & Benin (2012) demonstraram a eficiência do modelo AMMI para selecionar os melhores

ambientes de cultivo e os genótipos mais indicados para cada situação. Benin et al. (2012), evidenciaram a resposta de oito genótipos de trigo cultivados em duas safras agrícolas sob quatro níveis de manejo, onde 73% dos efeitos foram decorrentes do ambiente para a produtividade de grãos. Ahmadi et al. (2012), avaliaram 35 linhagens de trigo cultivadas em sete ambientes por duas safras agrícolas, onde o AMMI possibilitou representar os efeitos genéticos e de ambiente de maneira conjunta para a produtividade de grãos (YAN, 2001).

Na figura 1 é possível observar que os genótipos ou ambientes situados próximos à origem do sistema de coordenadas do gráfico *Biplot* foram considerados mais estáveis. Porém, quanto maior a distância da origem, menor a estabilidade referente ao caráter produção de sementes. Estes efeitos são decorrentes da natureza da interação ($G \times A$) (DUARTE & VENCOVSKY, 1999). Um genótipo é considerado adaptado a um determinado ambiente quando está situado no mesmo quadrante do ambiente (YAN & KANG, 2003).

Pode-se inferir que apenas o ambiente A3 (Santo Augusto - RS, safra agrícola I) foi estável onde revelou a menor contribuição para a interação ($G \times A$) captada pelo eixo (IPCA1: -0,759). Entretanto, para este ambiente a produção de sementes foi inferior a média geral do experimento 2272,1 kg ha⁻¹, sendo isto indispensável para o posicionamento de genótipos capazes de responder a melhoria das condições do ambiente (Figura 1; Tabela 3). Entre os ambientes altamente produtivos e instáveis destacou-se o A4 (São Gabriel - RS, safra agrícola I), A6 (Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II), A7 (Passo Fundo - RS, safra agrícola II), A8 (Santo Augusto - RS, safra agrícola II), A9 (São Gabriel - RS, safra agrícola II) e A10 (São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II).

Quatro situações distinguem os genótipos, a primeira reúne os genótipos com alta produção de sementes com magnitudes acima da média geral do experimento, estáveis que contribuem pouco com a interação $G \times A$, a segunda agrupa os genótipos com produção de sementes inferior a média geral do experimento sendo estes estáveis. A terceira, representa os genótipos com alta produção de sementes e instáveis com maior contribuição para a interação ($G \times A$) e a quarta fração é representada por genótipos de baixa produção e instáveis (ALVARES & EYHÉRABIDE, 1996).

Os genótipos estáveis e com elevada produção de sementes expressos pela análise de AMMI foram CD 121 (G17: 0,498) e TBIO Tibagi (G41: 0,963), estes genótipos obtiveram produção de sementes superior a média geral do experimento (0,8%) e (5,3%) respectivamente (Tabela 3; Figura 1). Verificou-se que os genótipos Ametista, BRS 327, BRS 374, BRS Guamirim, BRS Louro, BRS Umbu, Campeiro, FPS Nitron, Fundacep Horizonte, Marfim, Mirante, Quartzo, TBIO Alvorada, TBIO Iguaçu, TBIO Itaipu, TBIO Mestre, TBIO Seletto, TBIO Sinuelo e Topázio, revelaram alto potencial mas foram instáveis, com adaptabilidade específica a determinados ambientes, o que requer maior cautela para inferir sobre o seu posicionamento (Figura 1; Tabela 3).

Pesquisas definem que os genótipos instáveis com elevada produção não devem ser descartados em função de sua adaptabilidade específica (DUARTE & VENCOVSKI, 1999). Em contrapartida, os genótipos Abalone, BRS 296, BRS 328, BRS 331, BRS Guabiju, CD 114, CD 117, CD 119, CD 120, CD 122, CD 123, Fundacep 52, Fundacep Bravo, Fundacep Campo Real, Fundacep Cristalino, Fundacep Nova Era, Fundacep Raízes, JF 90, Onix, Safira e Supera revelaram produção inferior a média do experimento, sendo não estáveis. Adaptabilidade foi observada (Figura 1) para os genótipos G9 (BRS Guamirim), G41 (TBIO Tibagi), G2 (Ametista), G4 (BRS 327), G32 (Quartzo) e G39 (TBIO Seletto) apresentando-se específicos aos ambientes A10 (São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II), A9 (São Gabriel – RS, safra agrícola II) e A8 (Santo Augusto – RS, safra agrícola II).

Os ambientes avaliados individualmente contribuem mais para a interação ($G \times A$) do que aos efeitos de genótipos. Isto foi constatado pela maior dispersão dos vetores associados aos ambientes, em relação aqueles associados aos genótipos (Figura 1). Esta tendência foi observada em pesquisas que identificaram fatores ambientais específicos envolvidos na manifestação desse tipo de interação, o emprego desta técnica permite suavizar os efeitos indesejáveis dos ambientes e explorar os atributos positivos de maneira eficiente (YAN, 2001; OLIVEIRA et al., 2006; ASFAW et al., 2009; MARTINS et al., 2012; MEOTTI et al., 2012; YOKOMIZO et al., 2013; CARVALHO et al., 2016c)

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, pelo método AMMI (*Additive main effects and multiplicative interaction analysis*), para o caráter produção de sementes (kg ha⁻¹) mensurado em 42 genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.), avaliados nos ambientes de cultivo: Cachoeira do Sul – RS, Passo Fundo – RS, Santo Augusto – RS, São Gabriel – RS e São Luiz Gonzaga – RS nas safras agrícolas I e II.

Genótipos	Média (Kg ha ⁻¹)	IPCA 1	Genótipos	Média (kg ha ⁻¹)	IPCA1
Abalone	3931,1	-12,666	Fundacep Bravo	3809,9	-14,948
Ametista	4265,6	4,751	Fundacep Campo Real	3996,3	-10,435
BRS 296	3847,9	-2,948	Fundacep Cristalino	3852,6	1,621
BRS 327	4530,9	1,124	Fundacep Horizonte	4012,7	-5,634
BRS 328	3667,6	7,750	Fundacep Nova Era	3644,2	-14,731
BRS 331	3612,2	-6,217	Fundacep Raízes	3911,0	-5,315
BRS 374	4122,4	-5,352	JF 90	3749,5	1,811
BRS Guabiju	3770,7	-8,680	Marfim	4106,9	1,175
BRS Guamirim	4362,8	16,067	Mirante	4600,4	-6,422
BRS Louro	4273,3	3,878	Onix	3882,0	-1,810
BRS Umbu	4141,0	-16,801	Quartzo	4646,4	6,394
Campeiro	4177,3	-11,620	Safira	3772,0	-8,753
CD 114	3927,1	37,046	Supera	3966,2	5,536
CD 117	3424,3	4,061	TBIO Alvorada	4041,5	10,883
CD 119	3706,0	7,038	TBIO Iguazu	4016,0	4,888
CD 120	3599,5	9,858	TBIO Itaipu	4160,8	12,647
CD 121	4089,0	0,498	TBIO Mestre	4294,5	-10,862
CD 122	3872,5	2,578	TBIO Seletto	4304,6	17,771
CD 123	3486,5	11,296	TBIO Sinuelo	4681,7	-22,757
FPS Nitron	4117,0	11,499	TBIO Tibagi	4272,4	0,963
Fundacep 52	3917,6	-13,235	Topázio	4379,2	-1,949
Ambientes de cultivo			PROD (Kg ha ⁻¹) IPCA 1		
A1	Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola I		3142,5	18,182	
A2	Passo Fundo - RS, safra agrícola I		1663,1	6,788	
A3	Santo Augusto - RS, safra agrícola I		2272,1	-0,759	
A4	São Gabriel - RS, safra agrícola I		4085,5	5,922	
A5	São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola I		3220,2	4,008	
A6	Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II		5485,1	-61,571	
A7	Passo Fundo - RS, safra agrícola II		4847,0	-14,507	
A8	Santo Augusto - RS, safra agrícola II		6195,9	6,248	
A9	São Gabriel - RS, safra agrícola II		4940,3	21,461	
A10	São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II		4372,5	14,226	

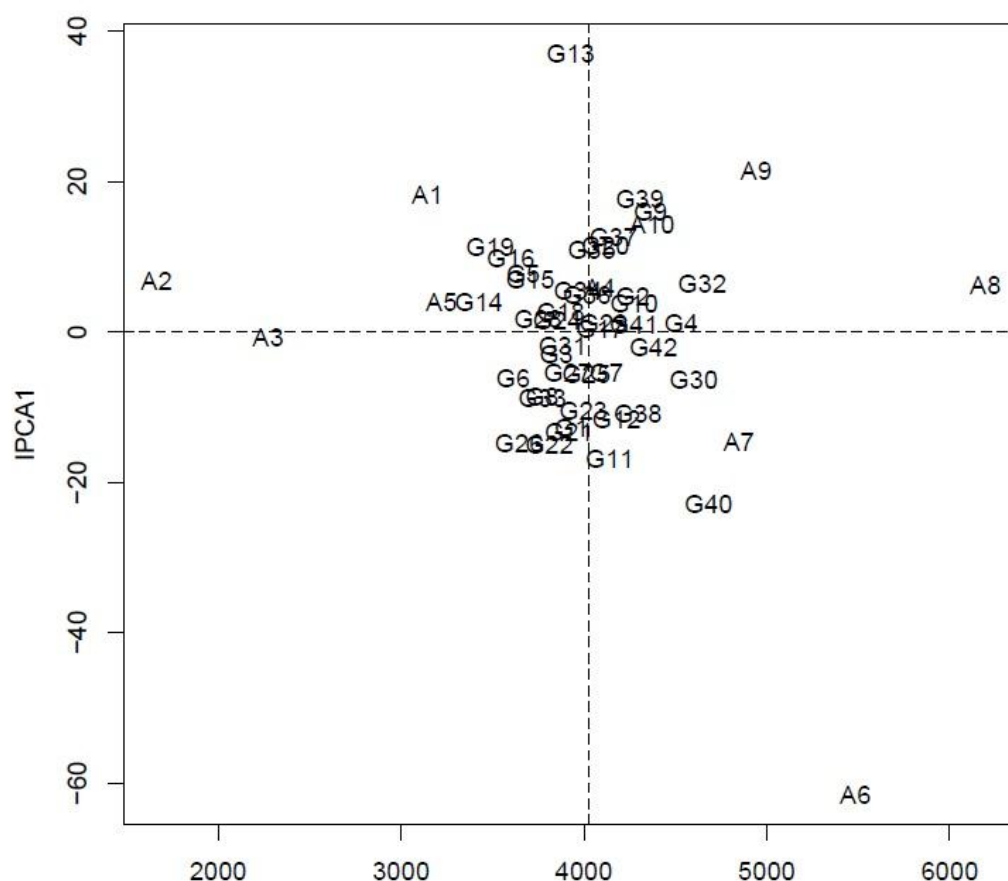


Figura 1: Plotagem dos escores dos componentes principais, quanto à interação genótipo x ambiente ($G \times A$), segundo a análise de AMMI para o caráter produção de sementes (kg ha^{-1}) em duas safras agrícolas (I e II) para os 42 genótipos de trigo (G1) Abalone, (G2) Ametista, (G3) BRS 296, (G4) BRS 327, (G5) BRS 328, (G6) BRS 331, (G7) BRS 374, (G8) BRS Guabiju, (G9) BRS Guamirim, (G10) BRS Louro, (G11) BRS Umbu, (G12) Campeiro, (G13) CD 114, (G14) CD 117, (G15) CD 119, (G16) CD 120, (G17) CD 121, (G18) CD 122, (G19) CD 123, (G20) FPS Nitron, (G21) Fundacep 52, (G22) Fundacep Bravo, (G23) Fundacep Campo Real, (G24) Fundacep Cristalino, (G25) Fundacep Horizonte, (G26) Fundacep Nova Era, (G27) Fundacep Raízes, (G28) JF 90, (G29) Marfim, (G30) Mirante, (G31) Onix, (G32) Quartzo, (G33) Safira, (G34) Supera, (G35) TBIO Alvorada, (G36) TBIO Iguaçu, (G37) TBIO Itaipu, (G38) TBIO Mestre, (G39) TBIO Seletto, (G40) TBIO Sinuelo, (G41) TBIO Tibagi e (G42) Topázio, avaliados em dez ambientes de cultivo, sendo Cachoeira do Sul – RS (A1:I e A6:II), Passo Fundo – RS (A2:I e A7:II), Santo Augusto – RS (A3:I e A8:II), São Gabriel – RS (A4:I e A9:II) e São Luiz Gonzaga – RS (A5:I e A10:II).

Os métodos de Annicchiarico (1992) e AMMI inferem aos efeitos de ambiente ausência de concordância entre os métodos para o caráter produção de sementes, isso é decorrente do modo como o modelo obtém as estimativas. No entanto, para os efeitos de genótipos houve concordância entre os métodos onde CD 121 (G17) e TBIO Tibagi (G41) apresentaram-se estáveis e podem ser recomendados aos produtores por proporcionar estabilidade e elevada produção de sementes. Genótipos que apresentam respostas contraditórias, entre os métodos foram BRS Guamirim, TBIO Itaipu, TBIO Mestre, TBIO Seletto, TBIO Sinuelo, BRS 296, CD 117, CD 122, Fundacep Cristalino, JF 90 e Onix, os quais foram estáveis no método de Annicchiarico (1992) (Tabela 2).

Ao conciliar o método Annicchiarico (1992) e AMMI tornou-se possível inferir informações importantes ao setor de produção de sementes, pois auxilia na tomada de decisão eficiente e fidedigna definindo quais os melhores ambientes de cultivo para a produção de sementes (SILVA FILHO et al., 2008; PEREIRA et al., 2009).

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos através da máxima verossimilhança restrita (REML) revelaram que a variância genotípica (V_g) foi responsável por 12,2% da manifestação fenotípica (V_f) para a produção de sementes (Tabela 4). A presença de alta variância genotípica pode representar maior contribuição desta fração à interação $G \times A$ (ANNICCHIARICO, 2002; SILVA et al., 2011). A produção de sementes (V_f) foi influenciada por 25,8% devido aos efeitos da interação (V_{int}), e sendo a interação (V_{int}) determinada por 48,6% devido aos efeitos genéticos, desta maneira, os resultados obtidos foram concordantes aos de Pereira et al. (2015) que ao avaliar feijão obtiveram 59% do fenótipo decorrente da interação ($G \times A$).

A grande influência do ambiente na interação é decorrente da natureza do caráter produção de sementes, sendo este controlado por muitos genes e sua expressão fenotípica é altamente dependente das características e modificações do ambiente de cultivo (PIEPHO, 2000; COIMBRA et al., 2008; BORGES et al., 2010; PHIEPO et al., 2012).

Obteve-se elevada acurácia (Ac_{gen}) na condução do experimento, isso revela boa qualidade experimental e segurança na observação dos melhores genótipos para a produção de sementes. A correlação genotípica do

desempenho dos genótipos entre os ambientes de cultivo (rgloc) possibilita classificar a interação em simples ou complexa, onde uma rgloc com alta magnitude indica interação simples, com menores distorções na classificação dos genótipos nos ambientes (PUPIN et al., 2015). A rgloc quando baixa indica a interação complexa, que pode dificultar a seleção e o posicionamento dos genótipos frente aos ambientes (ROSADO et al., 2012). Desta forma, obteve-se rgloc de 0,32 o que indicou interação de natureza complexa, favorecendo a seleção de genótipos com adaptabilidade específica (Tabela 4). Silva et al. (2011), em estudos com épocas de semeadura determinou a adaptabilidade e estabilidade do trigo, verificando correlação genética entre os ambientes de 0,005 a 0,86 onde as modificações no período de semeadura culminaram em distorções na natureza da interação.

O coeficiente de variação genotípico (CVgi) quantifica a percentagem da variação total decorrente dos efeitos genéticos. Obteve-se 6,1% na magnitude deste parâmetro, indicando baixa variabilidade dos genótipos de trigo estudados para o caráter produção de sementes, o que pode estar associado ao alto número de genótipos testados no experimento (Tabela 4). Pesquisas de Silva et al. (2011), ao desmembrarem os efeitos de safras agrícolas e ambientes de cultivo obtiveram coeficiente de variação genotípico de até 15% para a produção de sementes. Elevados coeficientes genotípicos indicam maior acurácia nas práticas de seleção dos genótipos superiores (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992; RESENDE & DUARTE, 2007). O coeficiente de variação residual (CVr) foi baixo (0,44) comprovando a adequada condução do experimento.

A média harmônica ponderada pelos valores genotípicos (MHPRVG) ranqueou os genótipos e estimou a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, utilizou-se como critério a seleção dos dez melhores genótipos que corresponderam a 23,8% dos genótipos estudados. Verificou-se através da MHPRVG superioridade para os genótipos TBIO Sinuelo, Quartzo, BRS 327, Mirante, Topázio, Guamirim, TBIO Seletto, Ametista, TBIO Mestre e BRS Louro, respectivamente, o genótipo TBIO Sinuelo revelou produção 14,0% acima da média geral do experimento. Já os demais genótipos foram 7,5% superiores a média geral (Tabela 4), estes genótipos podem ser considerados promissores para as próximas safras agrícolas.

Tabela 4: Estimativas do *Ranking* obtido pela média harmônica ponderada pelos valores genotípicos (MHPRVG) obtidos para os 42 genótipos de trigo cultivados em dez ambientes no estado do Rio Grande do Sul.

Componentes de variância (REML Individual)					
Vg	Variância genotípica				62414,049
Vint	Variância da interação genótipo x ambiente				128366,558
Ve	Variância residual				320546,535
Vf	Variância fenotípica individual				511327,143
h ² _g = h ²	Herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo				0,122
h ² _{mg}	Herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa				0,726
Acgen	Acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa				0,852
c ² _{int}	Coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente				0,251
Rgloc	Correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes				0,327
CV _{gi} %	Coeficiente de variação genotípica				6,162
CVE%	Coeficiente de variação residual				13,965
Média geral	Média geral do experimento				4054,128
Genótipos	Ordem	Prod (kg ha ⁻¹)	Genótipos	Ordem	Prod (kg ha ⁻¹)
Abalone	25	3937,6	Fundacep Bravo	34	3823,2
Ametista	8	4274,2	Fundacep Campo Real	17	4112,7
BRS 296	35	3778,0	Fundacep Cristalino	29	3901,5
BRS 327	3	4513,2	Fundacep Horizonte	23	4016,2
BRS 328	37	3687,7	Fundacep Nova Era	32	3846,4
BRS 331	41	3547,9	Fundacep Raízes	27	3907,1
BRS 374	22	4062,6	JF 90	33	3836,2
BRS Guabiju	31	3866,7	Marfim	21	4070,6
BRS Guamirim	6	4346,2	Mirante	4	4508,4
BRS Louro	10	4242,2	Onix	30	3896,8
BRS Umbu	18	4098,4	Quartzo	2	4596,6
Campeiro	14	4137,9	Safira	36	3772,3
CD 114	15	4125,7	Supera	26	3907,9
CD 117	40	3584,7	TBIO Alvorada	20	4076,6
CD 119	38	3687,2	TBIO Iguaçu	24	4012,5
CD 120	39	3590,5	TBIO Itaipu	13	4163,3
CD 121	12	4174,6	TBIO Mestre	9	4257,8
CD 122	28	3901,5	TBIO Seletto	7	4333,4
CD 123	42	3540,2	TBIO Sinuelo	1	4622,8
FPS Nitron	19	4088,1	TBIO Tibagi	11	4237,1
Fundacep 52	16	4120,7	Topázio	5	4361,4

Com o uso das análises univariadas, multivariadas e modelos mistos pode-se inferir que os genótipos TBIO Sinuelo, Quartzo, BRS 327, Mirante, TBIO Seletto, BRS Guamirin, Topázio, Ametista e BRS Louro, revelaram maior estabilidade no método Annicchiarico (1992). Para o método AMMI os genótipos CD 121 e TBIO Tibagi apresentaram-se estáveis e altamente produtivos. A média harmônica ponderada pelos valores genotípicos MHPRVG revelou superioridade para os genótipos TBIO Sinuelo, Quartzo, BRS 327,

Mirante, Topázio, Guamirim, TBIO Seletto, Ametista, TBIO Mestre e BRS Louro. A utilização concomitante destes métodos proporciona vantagens às práticas de produção de sementes, pois auxilia na seleção e no posicionamento dos genótipos de trigo para condições edafoclimáticas específicas do estado do Rio Grande do Sul.

2.4 Conclusão

A partir do método univariado os ambientes favoráveis a produção de sementes refere-se a São Gabriel – RS (I e II), Cachoeira do Sul - RS (II), Passo Fundo – RS (II) Santo Augusto – RS (II) e São Luiz Gonzaga – RS (II), enquanto o método multivariado determina Santo Augusto - RS (I) como favorável à produção de sementes.

Os genótipos CD 121 e TBIO Tibagi são amplamente adaptados e estáveis para o método univariado e multivariado. Os genótipos TBIO Sinuelo, Quartzto, BRS 327, Mirante, Topázio, Guamirim, TBIO Seletto, Ametista, TBIO Mestre e BRS Louro são superiores conforme a abordagem por modelos mistos.

Para os ambientes de cultivo Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola I, Passo Fundo - RS, safra agrícola I e São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola I, são posicionados os genótipos CD 123, CD 120, CD 119, BRS 328, CD 117 e CD 122. Em Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II e Passo Fundo - RS, safra agrícola II são posicionados os genótipos BRS Umbu, Topázio, Mirante, JF 90, TBIO Sinuelo, Campeiro e TBIO Mestre.

Nos ambientes de cultivo São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II, São Gabriel - RS, safra agrícola II e Santo Augusto - RS, safra agrícola II são posicionados os genótipos TBIO Seletto, BRS Guamirim, BRS 296, Quartzto, BRS Louro, Ametista, TBIO Tibagi e BRS 327. Para o ambiente Santo Augusto - RS, safra agrícola I são posicionados os genótipos BRS 331, BRS 296, Onix, Fundacep Raízes, Fundacep Nova Era e Fundacep 52.

3. Capítulo II

Adaptabilidade e estabilidade multicaráter aplicada a produção de sementes de trigo de alto vigor no Rio Grande do Sul

3.1 Introdução

A cultura do trigo dentro de sua grande importância no âmbito agrícola revelou produção de 738,5 milhões de toneladas na safra mundial 2016/17, de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). O Brasil na safra agrícola 2016/17 foi responsável 6,7 milhões de toneladas, destes, o Rio Grande do Sul contribuiu com 2,4 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

A semente do trigo caracteriza-se por ser a maneira mais eficaz de direcionar o potencial genético de um genótipo ao agricultor, possibilitando incrementar alguns atributos importantes na cultura e manifestar resultados favoráveis nas condições de campo, o que decorre do alto vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2015a; PESKE et al., 2012).

O vigor, atualmente, é um dos atributos fisiológicos de maior importância na definição do potencial fisiológico das sementes e pode classificar os lotes que evidenciam efeitos positivos ou negativos sobre a planta, após a semeadura. Diante disto, sementes de alto vigor possibilitam incrementar a produtividade de grãos quando a cultura é estabelecida na densidade de plantas recomendada ou mesmo em densidades inferiores (HAMMAN et al., 2002; SCHEEREN, 2002; HÖFS et al., 2004; MELLO, 2005; KOLCHINSKI et al., 2005; CERVIERI FILHO, 2005; MARCOS FILHO & KIKUTI, 2006; SCHEEREN et al., 2010).

As sementes de baixo vigor podem resultar na redução da velocidade e da uniformidade de emergência das plântulas, na desuniformidade do estabelecimento inicial e no estande de plantas. Estes efeitos podem comprometer significativamente a produtividade de grãos (SCHUCH, 1999; MACHADO, 2002; VANZOLINI & CARVALHO, 2002; HÖFS, 2003). Neste sentido, a produção de sementes de alto vigor é acometida por condições edafoclimáticas, época de semeadura, ambiente de cultivo, genótipo mais

adequado para as condições intrínsecas de cada ambiente de cultivo, pragas, manejo nutricional, momento e práticas de colheita e de pós-colheita (MARCOS FILHO, 2015a).

A identificação de genótipos mais estáveis e adaptados para os componentes do rendimento e potencial fisiológico das sementes produzidas, constitui uma estratégia que visa a melhoria das práticas de produção de sementes de trigo visando a produção de sementes de alta performance fisiológica.

Com intuito de incrementar a eficiência na indicação de quais seriam os melhores genótipos e os ambientes de cultivo mais favoráveis para a obtenção dos maiores níveis de qualidade das sementes, é imprescindível a geração de uma única tendência de resposta para um conjunto de avaliações de vigor. Desta forma, o emprego de um índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) possibilitaria gerar uma tendência única atribuída à resposta multicaráter e ainda obter estimativas acuradas e fidedignas (SANTOS et al., 2016), assim, o emprego de técnicas biométricas visando a adaptabilidade e estabilidade permitiria atribuir inferências fisiológicas sobre a produção de sementes de trigo.

Entre as metodologias disponíveis para explicar adequadamente os efeitos de genótipos, ambientes de cultivo e da interação, destaca-se o modelo AMMI (*Additive main effects and multiplicative interaction analysis*) que se baseia em efeitos aditivos e multiplicativos (RESENDE et al., 2016). Esta metodologia é amparada pela utilização de um gráfico *Biplot*, que conjuga a variação dos efeitos de genótipos e da interação genótipo x ambiente, possibilita identificar com eficiência os ambientes superiores passíveis de serem explorados no âmbito agrícola e ainda identificar quais os melhores genótipos para condições intrínsecas do ambiente (GAUCH et al., 2008; YAN, 2011; ROOZEBOOM et al., 2008).

Enquanto, o emprego da metodologia REML/BLUP, vem sendo aplicada com sucesso, permite estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos através da máxima verossimilhança restrita (REML) e prever os valores genéticos através do *melhor preditor linear não viesado* (BLUP). As estatísticas baseadas na média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), desempenho relativo dos valores genéticos (PRVG) e da média harmônica da

performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) permitem prever a estabilidade, a adaptabilidade e ambos parâmetros simultaneamente (RESENDE, 2007). Pesquisas revelam que esta estratégia biométrica tem como vantagem revelar a aleatoriedade dos efeitos genotípicos, não subestimando os efeitos da interação genótipos x ambientes, onde possibilita ranquear os genótipos através de seu desempenho baseado nos efeitos genéticos (RESENDE, 2002; RESENDE et al., 2001; YANG, 2007).

Diversos fatores atuam e podem comprometer a qualidade das sementes no ambiente de cultivo, variações de amplitude térmica, índices de pluviosidade, tipo de solo, altitude, fatores abióticos, apresentam-se muito variáveis dentro dos ambientes em que são produzidas sementes de trigo no estado do Rio Grande do Sul, sendo fundamental um adequado posicionamento de genótipos e ambientes para este fim.

Diante da carência de informações referentes à adaptabilidade e estabilidade fenotípica para os atributos fisiológicos das sementes de trigo, este trabalho teve como objetivo empregar um índice fenotípico de vigor das sementes e proceder a adaptabilidade e estabilidade multicaráter para visando o posicionamento de genótipos para a produção de sementes com vigor superior.

3.2 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos durante uma safra agrícola, em delineamento de blocos ao acaso, organizado em esquema fatorial, com sete ambientes de cultivo e 30 genótipos de trigo, dispostos em três repetições.

A semeadura em todos os ambientes de cultivo ocorreu na segunda quinzena de maio de 2016. As unidades experimentais foram compostas por cinco linhas de semeadura, espaçadas por 0,20 metros e cinco metros de comprimento. A densidade populacional padrão empregada foi de 330 sementes viáveis por metro quadrado e o manejo nutricional foi composto por 250 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 08-25-20 aplicado na base de semeadura, por cobertura utilizou-se 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia (46% de N) no estágio de pleno afilamento. Os manejos de plantas daninhas, insetos-

praga e doenças foram padronizados para todos os ambientes e genótipos, seguindo as Recomendações Técnicas da cultura do Trigo (RCBPTT, 2015).

A descrição dos genótipos utilizados e ambientes de cultivo testados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Informações geográficas, altitude, tipo de solo, genótipos utilizados e ambientes de cultivo para a safra agrícola 2016.

*Sigla	Ambientes de cultivo		Coordenadas	Altitude	Tipo de solo
A ₁	São Luiz Gonzaga - RS		28°24'42"S e 54°45'45"O	270m	Latossolo Vermelho Distrófico
A ₂	Santo Augusto - RS		27°54'47"S e 53°49'04"O	503m	Latossolo Vermelho Distroférrico
A ₃	Cruz Alta - RS		28 38' 19"S e 53 36' 23"O	452m	Latossolo Vermelho Distrófico
A ₄	Cachoeira do Sul - RS		30°17'52"S e 52°57'54"O	113m	Planossolo Háplico Eutrófico
A ₅	Vacaria - RS		28 ° 30' 44"S e 50 ° 56' 02"O	971m	Latossolo Bruno Alumínico
A ₆	Passo Fundo - RS		28°13' 17"S e 52°19'39"O	709m	Latossolo Vermelho Distrófico
A ₇	São Gabriel - RS		30°20' 09"S e 54°10'21"O	159m	Planossolo Háplico Eutrófico
Genótipos					
G ₁	ORS 1403	G ₁₁	TBIO Mestre	G ₂₁	TBIOToruk
G ₂	TBIO Sossego	G ₁₂	FPS Certero	G ₂₂	ORS Vintecincio
G ₃	TBIO Sinuelo	G ₁₃	Jadeíte 11	G ₂₃	Celebra
G ₄	CD 1550	G ₁₄	BRS Parrudo	G ₂₄	LG Prisma
G ₅	LG Oro	G ₁₅	LG Cromo	G ₂₅	Esporão
G ₆	ORS 1401	G ₁₆	ORS 1405	G ₂₆	BRS 331
G ₇	TBIO Iguaçu	G ₁₇	CD 1104	G ₂₇	TBIO Tibagi
G ₈	BRS Marcante	G ₁₈	BRS 327	G ₂₈	TBIO Sintonia
G ₉	Estrela Atria	G ₁₉	Mirante	G ₂₉	Marfim
G ₁₀	Quartzo	G ₂₀	CD 1440	G ₃₀	LG Supra

*Fonte: Santos et al., 2013; Streck, 2008.

As sementes foram colhidas por meio de colhedora de parcelas e após avaliadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas - RS, para mensurar os atributos do desempenho fisiológico com interesse agrônomo.

Inicialmente determinou-se o teor de água contido nas sementes, a partir de duas amostras de 5,0 gramas que foram submetidas ao método da estufa a 105 °C por 24 horas, sendo a mensuração efetuada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A germinação (G) foi determinada a partir de quatro sub amostras com 50 sementes por tratamento, sendo estas, dispostas a germinar em papel do tipo *germitest*, umedecido 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram acondicionados em germinadores, a temperatura constante de 20°C e a mensuração foi realizada aos oito dias após o início do teste, sendo resultados expressos em percentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Conjuntamente, avaliou-se a primeira contagem de germinação (PC), aos quatro dias após a semeadura, sendo os resultados em percentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Além do teste de primeira contagem, foram utilizados como testes de vigor, o envelhecimento acelerado (EA) que foi estabelecido a partir da disposição das sementes sobre tela metálica, fixada no interior de caixas tipo “gerbox” contendo 40 mL de solução salina saturada (PEDROSO et al., 2010). Esta solução foi composta por 11 gramas de NaCl para cada 100 mL de água, os “gerbox” contendo as sementes foram mantidos em B.O.D a 41°C, por 72 horas (MARCOS FILHO, 1994). Decorrido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A condutividade elétrica (CE): foi realizada através de quatro sub amostras de 50 sementes, sendo previamente determinada a massa das sementes. Após, as sementes foram acondicionadas em recipientes de polietileno contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em germinador, a temperatura de 20°C. A leitura da condutividade elétrica foi efetuada após 24 horas de embebição utilizando o condutivímetro digital modelo Digimed 32®. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, sendo verificado o atendimento das pressuposições do modelo (RAMALHO et al., 2000). Após, os quatro testes fisiológicos de vigor foram submetidos à elaboração de um índice que possibilitou conjugar os atributos fisiológicos, gerando uma tendência única. Este foi denominado como índice fenotípico de vigor das sementes (IFV), sendo elaborado através da primeira contagem de germinação (PC), percentual de sementes germinadas (G), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) (SANTOS et al., 2016; CRUZ, 2014) e obtido pela seguinte equação:

$$\text{IFV} = \left(\frac{PC}{S_{PC}}\right) \times \left(\frac{G}{S_G}\right) \times \left(\frac{EA}{S_{EA}}\right) \times \left(\frac{CE}{S_{CE}}\right)$$

Onde: IFV= índice fenotípico de vigor das sementes; PC = primeira contagem de germinação; G = percentual de sementes germinadas, EA =

envelhecimento acelerado, CE = condutividade elétrica. S_{PC} = desvio padrão do caráter PC; S_G = desvio padrão do caráter G; S_{EA} = desvio padrão do caráter EA e S_{CE} = desvio padrão do caráter CE.

Posteriormente a determinação do IFV, os dados obtidos foram novamente submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade individual para cada ambiente de cultivo, sendo verificadas as pressuposições para o IFV. Procedeu-se a análise conjunta, com a finalidade de identificar a presença de interação entre os ambientes de cultivo x genótipos de trigo, a 5% de probabilidade. Ao identificar a interação significativa foi aplicada a análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, através do método de AMMI (ZOBEL et al., 1988). Para distinguir a performance dos genótipos foi procedido o agrupamento de médias por Scott - Knott (1974).

Na sequência, utilizou-se método baseado na máxima verossimilhança restrita (REML), procedendo a “*Deviance*” com a finalidade de identificar a significância dos componentes de variância e parâmetros genéticos obtidos, a 5% de probabilidade pelo teste do qui-quadrado (RESENDE, 2007). Estimou-se os componentes de variância e os parâmetros genéticos para IFV (SPILKE et al., 2005) e obteve-se as previsões do BLUP individual (*Best Linear Unbiased Predictor*) para cada ambiente de cultivo, sendo possível ranquear os genótipos frente ao seu valor genético predito.

Este modelo propiciou aplicar estimativas de estabilidade pela média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG) e adaptabilidade e estabilidade através da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), conforme (RESENDE, 2007). As análises estatísticas foram realizadas através dos softwares Genes (CRUZ, 2013), programa R Studio (R CORE TEAM, 2015[®]) e Selegen (RESENDE, 2007).

3.3 Resultados e discussão

A análise de variância revelou interação significativa entre os ambientes de cultivos x genótipos de trigo, para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) a 5% de probabilidade (Tabela 6), sendo possível proceder às estimativas de adaptabilidade e estabilidade fenotípica. O experimento

apresentou coeficiente de variação de 14,6% para o IFV, o que de acordo com o proposto por Pimentel Gomes (2009), demonstra boa condução e elevada precisão.

A análise de AMMI revelou que apenas o primeiro eixo (EPCA1) foi significativo (Tabela 6), explicando 39,6% da variação existente devido à soma de quadrados da interação genótipos x ambientes. Esta magnitude pode ser considerada satisfatória por ser obtida para como índice multicaráter, o qual conjuga a informação de quatro testes fisiológicos, sendo as sementes altamente responsivas às variações impostas pelo ambiente de cultivo.

Em estudos com a cultura da soja a interação genótipo x ambiente foi explicada pelo EPCA1 por 39,8% e demonstrou respostas fidedignas e aplicáveis (MAIA et al., 2006). Os primeiros eixos significativos são responsáveis por representar os maiores autovalores e expressam a maior fração padrão dos dados, onde o ruído é capitalizado através dos últimos eixos, a fração padrão representa a maior parte do efeito da interação genótipo x ambiente (RESENDE, 2014).

Tabela 6: Análises de variâncias para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) referentes aos sete ambientes de cultivo x 30 genótipos de trigo.

¹ FV	GL	QM	
Ambientes de cultivo (A)	6	75396090,6*	
Genótipos (G)	29	1640182,9*	
A x G	174	647987,8*	
Blocos/A	21	82848,5	
CV (%)	14,6		
Análise de variância para o método de AMMI			
¹ FV	GL	SQ	QM
Ambientes de cultivo (A)	6	119044985	19840830,79*
Genótipos (G)	29	12461709	429714,11*
A x G	174	30560008	175632,23*
EPCA 1	34	12117624	356400,7*

¹FV: fator de variação, GL: grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, QM: quadrado médio, *significativo ao teste F a 5% de probabilidade.

Estas relações adaptativas podem ser identificadas num gráfico *Biplot* obtido pelos escores do método de AMMI, onde os sinais (positivo ou negativo)

destes escores para os genótipos e ambientes de cultivo revelam a tendência da contribuição para cada nível de tratamento dos fatores de variação sobre a interação genótipo x ambiente (DUARTE & VENCOVSKY, 1999).

A figura 2 revelou que os genótipos G_1 (ORS 1403), G_2 (TBIO Sossego), G_9 (Estrela Atria), G_{22} (ORS Vintecinco) e G_6 (ORS 1401) apresentaram superioridade para o IFV, e adaptabilidade geral aos ambientes A_2 (Santo Augusto-RS), A_6 (Passo Fundo - RS) e A_7 (São Gabriel - RS), estando estes, localizados no quadrante superior direito. Em contrapartida, os genótipos G_{25} (Esporão), G_{24} (LG Prisma), G_{20} (CD 1440) e G_{26} (BRS 331) se localizaram no quadrante inferior esquerdo que representa o ambiente específico A_4 (Cachoeira do Sul – RS) (Tabela 7; Figura 2). Os genótipos G_{23} (Celebra) e G_{11} (TBIO Mestre) localizados no quadrante inferior direito foram específicos ao ambiente de cultivo A_3 (Cruz Alta – RS) referentes ao IFV das sementes.

Os genótipos ou ambientes de cultivo quando situados próximos à origem do sistema de coordenadas do gráfico *Biplot* e com baixos escores, pouco contribuíram com a interação, caracterizados como estáveis, entretanto, quanto mais distantes do ponto de origem, menor será a estabilidade referente ao caráter de interesse (DUARTE & VENCOVSKY, 1999; LAVORANTI, 2003). A adaptabilidade específica a determinado ambiente de cultivo é atribuída quando o genótipo encontra-se no mesmo quadrante e próximo ao ambiente de cultivo (YAN & KANG, 2003).

Este método evidencia que o ambiente A_4 (Cachoeira do Sul – RS), apresentou ser estável para o IFV, revelando a menor contribuição para a interação ($G \times A$) captada pelo eixo (IPCA1: -5.75). Porém, este ambiente revelou IFV inferior à média geral do experimento (IFV-2132) (Figura 2; Tabela 7). Os ambientes de cultivo A_1 (São Luiz Gonzaga – RS) e A_5 (Vacaria – RS) revelaram (IFV) inferiores à média geral, e caracterizaram-se como instáveis com escores do EPCA1 (-10.24) e (-21.07), respectivamente.

Em contrapartida os ambientes de cultivo A_2 (Santo Augusto – RS), A_3 (Cruz Alta – RS), A_6 (Passo Fundo – RS) e A_7 (São Gabriel – RS) revelaram escores do EPCA1 (24.38), (-32.56) (12.14) e (33.10), respectivamente (Tabela 7, Figura 2). Apresentaram-se instáveis, porém, com IFV superior a média geral do experimento, indicando que mesmo instáveis, podem ser específicos

para determinados genótipos e revelar IFV alto para a produção de sementes de trigo.

Tabela 7: Estimativas dos escores para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtidos através da análise de AMMI, para os sete ambientes de cultivo e 30 genótipos de trigo, na safra agrícola 2016.

Genótipos	IFV	IPCA1	Genótipos	IFV	IPCA1
¹ G ₁	2452,61 a*	9,75	G ₁₆	1967,26 b	8,08
G ₂	2339,25 a	25,20	G ₁₇	2094,81 b	6,37
G ₃	2077,62 b	3,25	G ₁₈	2097,84 b	1,92
G ₄	1993,59 b	-0,26	G ₁₉	2026,15 b	-1,63
G ₅	2337,11 a	-1,97	G ₂₀	1964,52 b	-6,43
G ₆	2375,72 a	7,25	G ₂₁	2084,35 b	5,35
G ₇	2126,42 b	-5,54	G ₂₂	2331,01 a	12,92
G ₈	2206,89 a	0,42	G ₂₃	2277,04 a	-20,20
G ₉	2452,95 a	19,70	G ₂₄	1849,33 b	-7,95
G ₁₀	2136,59 b	3,43	G ₂₅	1532,66 b	-10,29
G ₁₁	2380,71 a	-14,59	G ₂₆	1744,17 b	-13,95
G ₁₂	1978,29 b	15,89	G ₂₇	1632,35 b	-23,30
G ₁₃	1984,24 b	4,73	G ₂₈	2113,87 b	-7,73
G ₁₄	2178,41 a	-3,56	G ₂₉	2475,94 a	0,19
G ₁₅	2582,28 a	-2,06	G ₃₀	2151,53 b	-4,99
Ambientes de cultivo	IFV	EPCA1			
¹ A ₁	1146,93			-10,24	
A ₂	2330,04			24,38	
A ₃	2383,15			-32,56	
A ₄	1629,38			-5,75	
A ₅	1250,61			-21,07	
A ₆	3211,88			12,14	
A ₇	2968,60			33,10	

* médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo baseado no teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. ¹G₁ (ORS 1403), G₂ (TBIO Sossego), G₃ (TBIO Sinuelo), G₄ (CD 1550), G₅ (LG Oro), G₆ (ORS 1401), G₇ (TBIO Iguaçu), G₈ (BRS Marcante), G₉ (Estrela Atria), G₁₀ (Quartzo), G₁₁ (TBIO Mestre), G₁₂ (FPS Certero), G₁₃ (Jadeíte 11), G₁₄ (BRS Parrudo), G₁₅ (LG Cromo), G₁₆ (ORS 1405), G₁₇ (CD 1104), G₁₈ (BRS 327), G₁₉ (Mirante), G₂₀ (CD 1440), G₂₁ (TBIO Toruk), G₂₂ (ORS Vintecinco), G₂₃ (Celebra), G₂₄ (LG Prisma), G₂₅ (Esporão), G₂₆ (BRS 331), G₂₇ (TBIO Tibagi), G₂₈ (TBIO Sintonia), G₂₉ (Marfim) e G₃₀ (LG Supra). A₁ (São Luiz Gonzaga – RS), A₂ (Santo Augusto – RS), A₃ (Cruz Alta – RS), A₄ (Cachoeira do Sul – RS), A₅ (Vacaria – RS), A₆ (Passo Fundo – RS) e A₇ (São Gabriel – RS).

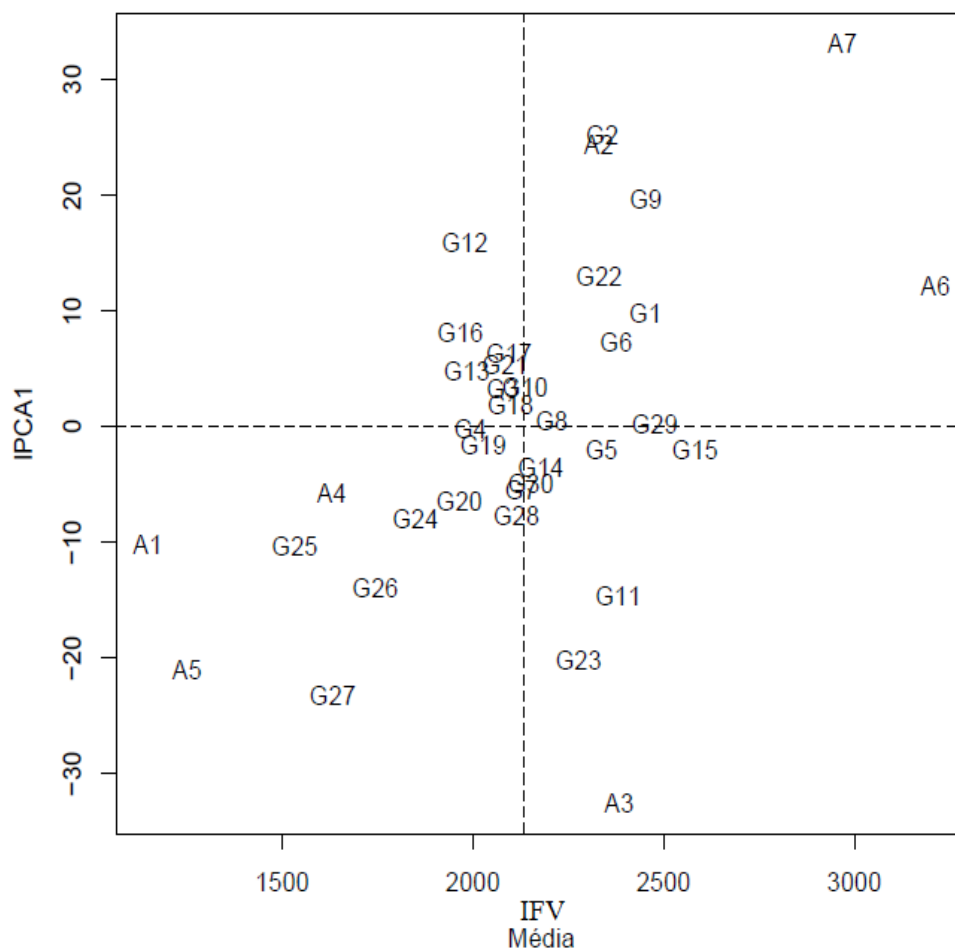


Figura 2: Plotagem dos escores dos componentes principais (EPCA1) referentes à interação genótipo x ambiente obtidos pela análise de AMMI para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) referente a safra agrícola 2016. ¹G₁ (ORS 1403), G₂ (TBIO Sossego), G₃ (TBIO Sinuelo), G₄ (CD 1550), G₅ (LG Oro), G₆ (ORS 1401), G₇ (TBIO Iguaçu), G₈ (BRS Marcante), G₉ (Estrela Atria), G₁₀ (Quartzo), G₁₁ (TBIO Mestre), G₁₂ (FPS Certero), G₁₃ (Jadeíte 11), G₁₄ (BRS Parrudo), G₁₅ (LG Cromo), G₁₆ (ORS 1405), G₁₇ (CD 1104), G₁₈ (BRS 327), G₁₉ (Mirante), G₂₀ (CD 1440), G₂₁ (TBIO Toruk), G₂₂ (ORS Vintecinco), G₂₃ (Celebra), G₂₄ (LG Prisma), G₂₅ (Esporão), G₂₆ (BRS 331), G₂₇ (TBIO Tibagi), G₂₈ (TBIO Sintonia), G₂₉ (Marfim) e G₃₀ (LG Supra). A₁ (São Luiz Gonzaga – RS), A₂ (Santo Augusto – RS), A₃ (Cruz Alta – RS), A₄ (Cachoeira do Sul – RS), A₅ (Vacaria – RS), A₆ (Passo Fundo – RS) e A₇ (São Gabriel – RS).

Os genótipos estáveis para o IFV revelaram a menor contribuição para a interação genótipo x ambiente através dos genótipos G₂₉ (Marfim), G₄ (CD 1550), G₈ (BRS Marcante), G₁₉ (Mirante), G₁₈ (BRS 327), G₅ (LG Oro) e G₁₅ (LG Cromo), respectivamente. Portanto, estes genótipos podem ser implementados em todos os ambientes de cultivo testados. Entretanto destes, apenas os genótipos G₂₉ (Marfim) e G₈ (BRS Marcante) foram estáveis e revelaram IFV

acima da média geral do experimento (Tabela 7, Figura 2). Para este estudo buscam-se identificar quais foram os genótipos com alto IFV sendo estes, estáveis perante os ambientes de produção das sementes.

As médias do IFV agrupadas pelos pelo teste de Scott-Knott (1974), revelaram dois grupos de genótipos. Os superiores foram representados por 40% dos genótipos (Tabela 7), sendo representados pelos genótipos G₁₅ (LG Cromo), G₂₉ (Marfim), G₉ (Estrela Atria), G₁ (ORS 1403), G₁₁ (TBIO Mestre), G₆ (ORS 1401), G₂ (TBIO Sossego), G₅ (LG Oro), G₂₂ (ORS Vintecinco), G₂₃ (Celebra), G₈ (BRS Marcante) e G₁₄ (BRS Parrudo). O segundo grupo representa de maneira geral os genótipos inferiores ao IFV, sendo G₃₀ (LG Supra), G₁₀ (Quartzo), G₇ (TBIO Iguaçu), G₂₈ (TBIO Sintonia), G₁₈ (BRS 327), G₁₇ (CD 1104), G₂₁ (TBIO Toruk), G₃ (TBIO Sinuelo), G₁₉ (Mirante), G₄ (CD 1550), G₁₃ (Jadeíte 11), G₁₂ (FPS Certero), G₂₀ (CD 1440), G₂₄ (LG Prisma), G₂₆ (BRS 331), G₂₇ (TBIO Tibagi) e G₂₅ (Esporão).

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos obtidos através do método da máxima verossimilhança restrita (REML), foi possível o desmembramento das variâncias em percentuais para o IFV, onde a variância genotípica (V_g) foi responsável por 12,9% da manifestação fenotípica (V_f) do IFV (Tabela 8). Este índice foi influenciado por 51,8% devido aos efeitos da interação genótipo x ambiente (V_{int}). No entanto, os efeitos da interação genótipo x ambiente (V_{int}) foi determinada por 64,7% devido aos efeitos genéticos. Evidenciou-se que o IFV está intimamente relacionado com as características do genótipo, porém, o ambiente de cultivo é determinante para que a prática de produção de sementes seja vantajosa e proporcione a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica (BORGES et al., 2010; COIMBRA et al., 2008).

A herdabilidade com sentido amplo da média (h²_{mg}) revelou estimativas de (0,59) o que reflete em considerável variabilidade genética entre os genótipos testados. As estimativas obtidas foram amparadas por uma acurácia (Acgen: 0,77) elevada que possibilita boa precisão nas inferências expressas para o IFV. A acurácia depende das frações residuais e genotípicas atribuídas ao ensaio experimental (RESENDE & DUARTE, 2007). Pesquisas revelam que as maiores acurácias na avaliação dos genótipos possibilitam maior

confiabilidade nas predições do valor genético predito (STURION & RESENDE, 2005).

A correlação genotípica do desempenho dos genótipos entre os ambientes de cultivo (rg_{loc}) possibilita classificar a natureza da interação, seja simples ou complexa, alta magnitude deste parâmetro indica que a interação é caracterizada como simples e resulta em menores distorções na classificação dos genótipos devido aos efeitos do ambiente de cultivo (PUPIN et al., 2015). Ao obter rg_{loc} de baixa magnitude é possível identificar que a natureza da interação foi complexa, isto culmina em dificuldades na seleção e no posicionamento dos genótipos frente aos ambientes de cultivo testados (ROSADO et al., 2012). Neste estudo, a rg_{loc} obtida foi de 0,20 (Tabela 8) e indica interação de natureza complexa, a qual determina que a seleção dos genótipos deve ser realizada em cada ambiente de cultivo.

O coeficiente de variação genotípico (CV_{gi}) quantifica a fração genética responsável pela variação total do IFV, onde elevadas magnitudes deste parâmetro apresenta-se desejável, diante disto, obteve-se 8,10% indicando a elevada variabilidade genética entre os genótipos de trigo para o IFV. A relação entre o CV_{gi} e CV_e (coeficiente de variação residual) possibilita obter o coeficiente de variação relativo (CV_r), quando magnitudes superiores a 1,0 indicam uma situação favorável à seleção (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992) e desta maneira, permite inferir com alta acurácia e precisão (RESENDE & DUARTE, 2007). Neste estudo obteve-se um CV_r de 0,66, sendo considerado baixo (Tabela 8) e refletindo na adequada condução do experimento.

Tabela 8: Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos (REML) para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtido para os 30 genótipos de trigo cultivados em sete ambientes do Rio Grande do Sul, safra agrícola 2016.

Componentes de variância e parâmetros genéticos (REML)		
Vg	Variância genotípica	36637,70
Vint	Variância da interação genótipos x ambientes	146304,68
Ve	Variância residual	99056,65
Vf	Variância fenotípica	281999,04
h ² _g	Herdabilidade com sentido amplo	0,12
h ² _{mg}	Herdabilidade com sentido amplo da média	0,59
Acgen	Acurácia da seleção	0,77
Rgloc	Correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes	0,20
CV _{gi} %	Coeficiente de variação genotípico	8,97
CV _e %	Coeficiente de variação residual	14,75
Média geral	Média geral do experimento	2132,99

A predição dos genótipos para o IFV através do BLUP (Tabela 9), desmembrado para cada ambiente de cultivo, revelou superioridade de forma geral para todos os ambientes de cultivo para os genótipos LG Cromo, Marfim, ORS 1403, Estrela Atria, ORS 1401, TBIO Mestre, TBIO Sossego, LG Oro, ORS Vintecincos e Celebra, respectivamente.

Para o ambiente A₁ (São Luiz Gonzaga – RS), superioridade foi verificada para os genótipos ORS 1401, Celebra, TBIO Toruk, TBIO Tibagi e LG Cromo. O ambiente A₂ (Santo Augusto – RS) destacou os genótipos Estrela Atria, LG Cromo, ORS 1401, ORS 1403 e ORS Vintecincos. E, para o ambiente A₃ (Cruz Alta – RS) destaque foi atribuído aos genótipos TBIO Mestre, Celebra, LG Cromo, Marfim e LG Oro. O ambiente A₄ (Cachoeira do Sul – RS) evidenciou os genótipos LG Cromo, TBIO Sinuelo, ORS 1403, CD 1440 e BRS Marcante como superiores ao IFV. Enquanto, o ambiente A₅ (Vacaria – RS) demonstrou superioridade para os genótipos Marfim, BRS Marcante, BRS Parrudo, TBIO Tibagi e Celebra. O ambiente A₆ (Passo Fundo – RS) possibilitou que os genótipos LG Cromo, TBIO Sinuelo, ORS Vintecincos, TBIO Sossego e BRS 327 fossem superiores, em contrapartida, o ambiente A₇ (São Gabriel – RS) atribuiu superioridade aos genótipos TBIO Sossego, Estrela Atria, ORS 1403, ORS Vintecincos e ORS 1401 (Tabela 9).

Tabela 9: Ranking predito via BLUP (*melhor preditor linear não viesado*), para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtido para os 30 genótipos de trigo produzidos em sete ambientes de cultivo no estado do Rio Grande do Sul, na safra agrícola 2016.

*R	Ambientes de cultivo							
	Geral	¹ A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
1	LG Cromo	ORS 1401	Estrela Atria	TBIO Mestre	LG Cromo	Marfim	LG Cromo	TBIO Sossego
2	Marfim	Celebra	LG Cromo	Celebra	TBIO Sinuelo	BRS Marcante	TBIO Sinuelo	Estrela Atria
3	ORS 1403	TBIO Toruk	ORS 1401	LG Cromo	ORS 1403	BRS Parrudo	ORS Vintecinco	ORS 1403
4	Estrela Atria	TBIO Tibagi	ORS 1403	Marfim	CD 1440	TBIO Tibagi	TBIO Sossego	ORS Vintecinco
5	ORS 1401	LG Cromo	ORS Vintecinco	LG Oro	BRS Marcante	Celebra	BRS 327	ORS 1401
6	TBIO Mestre	BRS Marcante	Marfim	TBIO Sintonia	Marfim	BRS 327	Estrela Atria	Marfim
7	TBIO Sossego	Marfim	FPS Certero	LG Prisma	ORS 1401	LG Supra	LG Supra	CD 1104
8	LG Oro	TBIO Sossego	LG Oro	TBIO Iguaçu	LG Oro	CD 1104	TBIO Toruk	Quartzo
9	ORS Vintecinco	ORS 1405	TBIO Sossego	ORS Vintecinco	Estrela Atria	ORS 1403	LG Oro	TBIO Toruk
10	Celebra	BRS Parrudo	TBIO Sinuelo	LG Supra	TBIO Sossego	Mirante	TBIO Sintonia	ORS 1405
11	BRS Marcante	LG Prisma	BRS Marcante	ORS 1401	TBIO Mestre	Quartzo	TBIO Mestre	FPS Certero
12	BRS Parrudo	Jadeíte 11	TBIO Mestre	BRS 331	CD 1104	LG Cromo	ORS 1403	BRS 327
13	LG Supra	ORS 1403	LG Supra	ORS 1403	TBIO Iguaçu	LG Oro	Celebra	BRS Marcante
14	BRS 327	Estrela Atria	Jadeíte 11	BRS Parrudo	Quartzo	TBIO Mestre	FPS Certero	CD 1550
15	Quartzo	BRS 327	BRS Parrudo	Estrela Atria	Mirante	CD 1550	TBIO Iguaçu	BRS Parrudo
16	TBIO Iguaçu	LG Oro	BRS 327	BRS 327	TBIO Sintonia	Jadeíte 11	Jadeíte 11	TBIO Iguaçu
17	TBIO Sintonia	TBIO Sintonia	Celebra	TBIO Toruk	Celebra	CD 1440	ORS 1405	LG Oro
18	CD 1104	FPS Certero	CD 1104	CD 1440	CD 1550	TBIO Sintonia	Quartzo	Mirante
19	TBIO Sinuelo	Quartzo	CD 1550	CD 1550	BRS Parrudo	FPS Certero	BRS Parrudo	TBIO Sintonia
20	TBIO Toruk	Mirante	TBIO Toruk	Quartzo	Jadeíte 11	TBIO Iguaçu	Mirante	TBIO Mestre
21	Mirante	TBIO Mestre	LG Prisma	TBIO Tibagi	ORS Vintecinco	ORS 1401	CD 1104	CD 1440
22	CD 1550	CD 1550	ORS 1405	BRS Marcante	LG Supra	BRS 331	Marfim	LG Cromo
23	Jadeíte 11	LG Supra	Quartzo	Mirante	TBIO Tibagi	TBIO Toruk	ORS 1401	Jadeíte 11
24	FPS Certero	TBIO Sinuelo	TBIO Iguaçu	ORS 1405	LG Prisma	ORS Vintecinco	Esporão	LG Supra
25	CD 1440	TBIO Iguaçu	Mirante	Esporão	BRS 331	Estrela Atria	CD 1550	LG Prisma
26	ORS 1405	BRS 331	TBIO Sintonia	TBIO Sossego	TBIO Toruk	TBIO Sinuelo	CD 1440	Celebra
27	LG Prisma	Esporão	CD 1440	CD 1104	BRS 327	ORS 1405	BRS Marcante	BRS 331
28	BRS 331	ORS Vintecinco	BRS 331	TBIO Sinuelo	ORS 1405	Esporão	LG Prisma	TBIO Sinuelo
29	TBIO Tibagi	CD 1440	Esporão	Jadeíte 11	Esporão	TBIO Sossego	BRS 331	TBIO Tibagi
30	Esporão	CD 1104	TBIO Tibagi	FPS Certero	FPS Certero	LG Prisma	TBIO Tibagi	Esporão

* Ranking: ordenamento dos genótipos baseando-se pelo valor genético predito. ¹A₁ (São Luiz Gonzaga – RS), A₂ (Santo Augusto – RS), A₃ (Cruz Alta – RS), A₄ (Cachoeira do Sul – RS), A₅ (Vacaria – RS), A₆ (Passo Fundo – RS) e A₇ (São Gabriel – RS).

Neste sentido, os genótipos citados em seus respectivos ambientes de cultivo merecem atenção ao âmbito de produção de sementes com elevada qualidade fisiológica, pois, foram preditos os melhores genótipos selecionados para cada situação, conjugando uma informação multicaráter para o vigor.

Pois o vigor consiste na máxima expressão do potencial fisiológico das sementes e envolve a reorganização do sistema de membranas celulares, a metabolização, o transporte e a utilização das reservas armazenadas nas sementes, onde sementes mais vigorosas apresentam maior eficiência nestes processos (SANTOS et al., 2011).

A média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), refere-se a estabilidade fenotípica (Tabela 10). Para o IFV, este método penaliza a instabilidade dos genótipos cultivados em vários ambientes e desta maneira, a nova média predita, é ajustada pelos valores genéticos preditos e conjuntamente a penalização (BORGES et al., 2010). O método MHVG indica que a maior estabilidade para o IFV foi atribuída em ordem decrescente para os genótipos G₂₉ (Marfim), G₁₅ (LG Cromo), G₁ (ORS 1403), G₂₃ (Celebra) e G₆ (ORS 1401).

Espera-se que, ao utilizar diferentes métodos de estabilidade e o número de ambientes, ocorra a modificação no ranqueamento dos genótipos (VENCOVSKY & BARRIGA, 2002; CRUZ et al., 2004). Entretanto, o método MHVG por ser obtido com base na metodologia REML/BLUP baseia-se nas mensurações fenotípicas para predizer o valor genético do genótipo, onde pondera a média harmônica e os desvios de cada ambiente (RESENDE, 2004; RESENDE, 2007).

Tabela 10: Estabilidade dos valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG) e estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG) para o índice fenotípico de vigor das sementes (IFV) obtido para os 30 genótipos de trigo cultivados em sete ambientes do estado do Rio Grande do Sul, para a safra agrícola de 2016.

Ranking	Estabilidade		Adaptabilidade		Estabilidade e Adaptabilidade	
	Genótipos	MHVG	Genótipos	PRVG	Genótipos	MHPRVG
1	Marfim	2186,88	LG Cromo	2563,48	LG Cromo	2516,43
2	LG Cromo	2180,91	Marfim	2505,92	Marfim	2477,67
3	ORS 1403	2086,04	ORS 1403	2435,74	ORS 1403	2413,22
4	Celebra	2030,80	ORS 1401	2377,77	ORS 1401	2335,44
5	ORS 1401	2029,06	Estrela Atria	2360,73	LG Oro	2318,72
6	BRS Marcante	2026,63	LG Oro	2331,38	Estrela Atria	2291,35
7	LG Oro	2009,10	Celebra	2331,15	TBIO Mestre	2283,66
8	TBIO Mestre	1960,61	TBIO Mestre	2329,96	Celebra	2263,75
9	BRS Parrudo	1956,35	BRS Marcante	2293,18	BRS Marcante	2240,17
10	Estrela Atria	1908,18	TBIO Sossego	2243,69	BRS Parrudo	2202,74
11	Quartzo	1853,43	BRS Parrudo	2223,74	ORS Vintecinco	2148,31
12	LG Supra	1844,63	ORS Vintecinco	2210,91	LG Supra	2125,58
13	TBIO Sintonia	1806,90	LG Supra	2158,42	Quartzo	2122,27
14	Mirante	1800,22	Quartzo	2140,90	TBIO Sossego	2119,96
15	BRS 327	1795,58	BRS 327	2125,61	TBIO Iguaçu	2090,36
16	TBIO Iguaçu	1794,07	TBIO Iguaçu	2108,88	TBIO Sintonia	2087,28
17	CD 1104	1772,92	TBIO Sintonia	2105,13	BRS 327	2067,46
18	ORS Vintecinco	1761,36	CD 1104	2096,79	CD 1104	2052,61
19	TBIO Sossego	1760,18	TBIO Sinuelo	2076,20	Mirante	2041,49
20	CD 1550	1750,40	Mirante	2056,48	CD 1550	2004,88
21	Jadeíte 11	1749,75	TBIO Toruk	2043,99	TBIO Toruk	1999,49
22	TBIO Toruk	1711,30	Jadeíte 11	2009,29	TBIO Sinuelo	1983,55
23	CD 1440	1708,32	CD 1550	2009,17	Jadeíte 11	1982,81
24	TBIO Sinuelo	1706,51	CD 1440	2000,44	CD 1440	1954,16
25	ORS 1405	1587,49	FPS Certero	1930,88	ORS 1405	1868,01
26	TBIO Tibagi	1575,09	ORS 1405	1921,85	FPS Certero	1766,72
27	BRS 331	1554,71	LG Prisma	1839,60	BRS 331	1764,74
28	FPS Certero	1503,09	TBIO Tibagi	1813,69	LG Prisma	1747,52
29	LG Prisma	1472,81	BRS 331	1789,83	TBIO Tibagi	1654,41
30	Esporão	1301,95	Esporão	1555,15	Esporão	1495,19

A adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG) possui a capacidade de capitalizar a resposta de cada genótipo à melhoria do ambiente de cultivo, sendo apropriada para identificar a adaptabilidade específica dos genótipos (RESENDE, 2007). Foi verificada a superioridade da adaptabilidade para G₁₅ (LG Cromo), G₂₉ (Marfim), G₁ (ORS 1403), G₆ (ORS 1401) e G₉ (Estrela Atria), sendo estes, responsivos ao IFV.

A média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) baseia-se nos valores genéticos preditos através do BLUP, reunindo as estimativas de estabilidade e adaptabilidade e proporcionando o

“ranking” dos melhores genótipos (BORGES et al., 2010). Com base neste método, observou-se superioridade para os genótipos G₁₅ (LG Cromo), G₂₉ (Marfim), G₁ (ORS 1403), G₆ (ORS 1401) e G₅ (LG Oro), sendo estes, amplamente adaptados e estáveis (Tabela 10). Observou-se que as estimativas MHVG, PRVG e MHPRVG (Tabela 10) classificaram os genótipos de forma semelhante para os três métodos preditos.

Concordância entre os métodos de adaptabilidade e estabilidade (AMMI, MHVG, PRVG e MHPRVG) foram evidenciadas para os genótipos LG Cromo Marfim, LG Oro, BRS Marcante, ORS 1401, Estrela Atria e ORS 1403, ao considerar o ambiente de Cachoeira do Sul – RS como o mais estável para o IFV. A predição via BLUP para o IFV possibilitou inferir de maneira geral a superioridade para os genótipos LG Cromo, Marfim, ORS 1403, Estrela Atria, ORS 1401, TBIO Mestre, TBIO Sossego, LG Oro, ORS Vintecino e Celebra. Apesar do método REML/BLUP não informar o agrupamento de ambientes, fornece resultados que são interpretados diretamente como valores genéticos, já penalizados e ou capitalizados pelas estimativas de adaptabilidade e estabilidade (CARBONELL et al., 2007; VERARDI et al., 2009; Da SILVA et al., 2011).

Diante disto, evidenciou-se que a combinação entre um método fenotípico (AMMI) com um método genotípico (RELM/BLUP) fornece estimativas fidedignas sob parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para o IFV.

3.4 Conclusão

O método de AMMI expressa a estabilidade no ambiente de cultivo Cachoeira do Sul – RS para os genótipos Marfim e Marcante. Determina adaptabilidade específica aos genótipos ORS 1403, TBIO Sossego, Estrela Atria, ORS Vintecino, ORS 1401, Esporão, LG Prisma, CD 1440, BRS 331, Celebra e TBIO Mestre para o índice fenotípico de vigor das sementes de trigo.

A máxima verossimilhança restrita define que 51,8% do índice fenotípico de vigor das sementes é decorrente da interação genótipo x ambiente.

Há diferença entre genótipos de trigo quanto a produção de sementes de alta performance nos diferentes ambientes. Entre os genótipos avaliados destacam-se: LG Cromo, Marfim, ORS 1403, Estrela Atria, ORS 1401, TBIO

Mestre, TBIO Sossego, LG Oro, Celebra e o genótipo ORS Vintecinco são considerados como promissores no âmbito geral dos ambientes avaliados.

4. Considerações finais

As diferentes estratégias permitem indicar os melhores ambientes e genótipos para a obtenção de incrementos na produção de sementes, assim como em sua qualidade fisiológica, diante de diferentes condições edafoclimáticas de cultivo do trigo no estado do Rio Grande do Sul.

Com base nas condições apresentadas por este estudo obteve-se divergência entre os genótipos a serem posicionados em cada ambiente de cultivo. Para os ambientes de cultivo Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola I, Passo Fundo - RS, safra agrícola I e São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola I, são posicionados os genótipos CD 123, CD 120, CD 119, BRS 328, CD 117 e CD 122. Em Cachoeira do Sul - RS, safra agrícola II e Passo Fundo - RS, safra agrícola II são posicionados os genótipos BRS Umbu, Topázio, Mirante, JF 90, TBIO Sinuelo, Campeiro e TBIO Mestre.

Nos ambientes de cultivo São Luiz Gonzaga - RS, safra agrícola II, São Gabriel - RS, safra agrícola II e Santo Augusto - RS, safra agrícola II são posicionados os genótipos TBIO Seletto, BRS Guamirim, BRS 296, Quartzo, BRS Louro, Ametista, TBIO Tibagi e BRS 327. Para o ambiente Santo Augusto - RS, safra agrícola I são posicionados os genótipos BRS 331, BRS 296, Onix, Fundacep Raízes, Fundacep Nova Era e Fundacep 52, em função do caráter produção de sementes.

Diante do estabelecido índice fenotípico de vigor das sementes, obteve-se o seguinte posicionamento para os genótipos:

No ambiente de cultivo São Luiz Gonzaga – RS são posicionados os genótipos Mirante, CD1440, LG Prisma, BRS 331, Esporão, TBIO Tibagi, ORS 1401, Celebra, TBIO Toruk e LG Cromo. Para o ambiente Santo Augusto – RS, são posicionados os genótipos ORS 1403, Estrela Atria, ORS Vintecinco, TBIO Sossego, Marfim, BRS Marcante, Quartzo, ORS 1401e LG Cromo.

Em Cruz Alta – RS, são posicionados os genótipos LG Oro, LG Cromo, Celebra, TBIO Mestre, BRS Parrudo e Marfim. Para o ambiente Cachoeira do Sul - RS, são posicionados os genótipos Mirante, CD1440, LG Prisma, BRS

331, Esporão, TBIO Tibagi, ORS 1401, Celebra, TBIO Toruk, LG Cromo, TBIO Sinuelo, ORS 1403 e BRS Marcante. No ambiente de cultivo Vacaria - RS são posicionados os genótipos Mirante, CD1440, LG Prisma, BRS 331, Esporão, TBIO Tibagi, ORS 1401, Celebra, TBIO Toruk, LG Cromo, Marfim, BRS Marcante e BRS Parrudo.

Para o ambiente de cultivo Passo Fundo – RS, são posicionados os genótipos LG Cromo, TBIO Sinuelo, BRS 327, ORS 1403, Estrela Atria, ORS Vintecinco, TBIO Sossego, Marfim, BRS Marcante, Quartzo e ORS 1401. Já em São Gabriel - RS, são posicionados os genótipos ORS 1403, Estrela Atria, ORS Vintecinco, TBIO Sossego, Marfim, BRS Marcante, Quartzo, ORS 1401 e ORS 1403.

As diferentes estratégias para a estimativa de adaptabilidade e estabilidade fenotípica permitem indicar quais os melhores ambientes e genótipos, a fim de incrementar a produção de sementes da cultura do trigo.

O índice fenotípico de vigor das sementes é eficaz para ranquear os genótipos considerando a seleção multicaráter para o vigor de sementes de trigo produzidas no Rio Grande do Sul.

Referências

AHMADI, J.; MOHAMMADI, A.; MIRAK, N. Targeting promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for cold climate growing environments using AMMI and SREG GGE Biplot analyses. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 14, p. 645- 657, 2012.

ALLARD, R. W. **Princípios do Melhoramento Genético das Plantas**. Rio de Janeiro: USAID/Edgard Blucher, 1971. 381p.

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 254 p.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ALVAREZ, M. P.; EYHÉRABIDE, G.H. Estabilidad del rendimiento de cultivares de híbridos comerciales de maíz em la área de la EEA Pergamino. **Revista. Tecnología Agropecuária**, v. 1, p. 17-21, 1996.

AMORIM, E. P.; CAMARGO, C.E.O.; FILHO, A.W.P.F., JUNIOR, A.P.; GALLO, P.B.; FILHO, J.A.A. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 575-582, 2006.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

ANNICCHIARICO, PAOLO. **Genotype x environment interactions – challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations** (2002). FAO Plant Production and Protection Paper – 174. Food and Agriculture Org. Rome.

ASFAW, A.; ALEMAYEHU, F.; GURUM, F.; ATNAF, M. AMMI and GGE Biplot anlysis for matching varieties onto soybean production environments in Ethiopia. **Scientific Research and Essay**, v. 4, n. 11, p. 1322-1330, 2009.

Association of Official Seed Analysts [AOSA]. 1983. **Seed Vigor Testing Handbook**. AOSA, Ithaca, NY, USA.

BALESTRE, M.; VON PINHO, R.G.; SOUZA, J.C.; OLIVEIRA, R.L. Genotypic stability and adaptability in tropical maize based on AMMI and GGE biplotanalysis. **Genetics and Molecular Research**, v. 8, n. 4, p. 1311–1322, 2009.

BARETTA, D.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; DE OLIVEIRA, A. C.; DE SOUZA, V. Q.; DA MAIA, L. C. Performance of maize genotypes of Rio Grande do Sul using mixed models. **Científica**, v. 44, n.3, p. 403-411, 2016.

BENIN, G.; PINNOW, C.; SILVA, C. L.; PAGLIOSA, E. S.; BECHE, E.; BORNHOFEN, E.; MUNARO, L. B.; SILVA, R. R. Análises biplot na avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo. **Bragantia**, v. 71, p. 28-36, 2012.

BONATO, E. R. **Estabilidade fenotípica da produção de grãos de dez cultivares de soja nas condições do Rio Grande do Sul**. 1978. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 1978.

BORGES, V.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N. A.; VIEIRA, A. R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, v. 69, p. 833-841, 2010.

BORNHOFEN, E. **Avaliação dos efeitos genéticos e ambientais na evolução do rendimento de grãos, qualidade de panificação e estabilidade de trigo**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, 2015.

BRANQUINHO, R. G.; DUARTE, J. B.; DE SOUZA, P. I. M.; DA SILVA NETO, S. P.; PACHECO, R. M. Estratificação ambiental e otimização de rede de ensaios de genótipos de soja no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p. 783-795, 2014.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DA REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009, 399p.

BRENCHLEY, R.; SPANNGL, M.; PFEIFER, M.; BARKER, G. L. A.; AMORE, R. D.; ALLEN, A. M.; MCKENZIE, N.; KRAMER, M.; KERHORNOU, A.; BOLSER, D.; KAY, S.; WAITE, D.; TRICK, M.; BANCROFT, I.; GU, Y.; HU, N.; CHENGLUO, N.; SEHGAL, S.; GILL, B.; KIANIAN, S.; ANDERSON, O.; KERSEY, P.; DVORAK, J.; MCCOMBIE, R.; HALL, A.; MAYER, M.; EDWARDS, K.; BEVAN, W.; HALL, H. Analysis of the bread wheat genome using whole- genomes hot gun sequencing. **Nature**, v. 491, p. 705-709, 2012.

BRUM, A. L.; MULLER, P. K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 01, p. 145-169, 2008.

BUTT, M. S.; ANJUM, F. M.; ZUILICHEM, D. V.; SHAHEEN, M. Development of predictive models for end-use quality of spring wheats through canonical analysis. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 433-440, 2001.

CAMPBELL, B. T.; JONES, M. A. Assesment of genotype x environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials. **Euphytica**, v. 144, n. 1, p. 69-78, 2005.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. D. A. O trigo no Brasil e no mundo: cadeia de produção, transformação e comercialização. In: CUNHA, G. R. **Oficina sobre trigo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa, 2009. p. 29-72.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; RESENDE, M. D.; DIAS, L. A. S; BERALDO, A. L. A.; PERINA, E. F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 1, p. 193-201, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORK, L.; RIBOLDI, J.; GUADAGNIN, J. P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 340–347, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 571-578, 2007.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 989-1000, 2002.

CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; DEMARI, G.; BAHRY, C. A.; SZARESKEI, V. J.; PELISSARI, G.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; Oliveira, A.; MAIA, L. C.; SOUZA, V. Q. Bisegmented regression, factor analysis and AMMI applied to the analysis of adaptability and stability of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 1410-1416, 2016c.

CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; DEMARI, G.; SZARESKEI, V. J.; AUMONDE, T. Z.; PEDO, T.; MONTEIRO, M. A.; PELEGRIN, A. J.; OLIVOTO, T.; FERRARI, M.; MEIRA, D.; SOUZA, V. Q. Biometry and Genetic Breeding of dual purpose wheat. **International Journal of Current Research**, v. 8, p. 34539-34545, 2016c.

CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; SOUZA, V. Q. de. **Melhoramento e cultivo da soja**, n. 1, 2017, 288 p.

CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; PELEGRIN, A. J. ; FERRARI, M.; DEMARI, G. H.; SZARESKEI, V. J. ; BARBOSA, M. H.; SOUZA, V. Q. Path analysis and Annicchiarico method applied in relation to protein in corn grains. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 10, p. 300-306, 2016b.

CARVALHO, L.P.; FARIAS, F.J.C.; MORELLO, C.L.; TEODORO, P.E.; Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p.314-321, 2016.

CASTILLO, D.; MATUS, I.; POZZO, A.; MADARIAGA, R.; MELLADO, M. Adaptability and genotype times environment interaction of spring wheat cultivars in Chile using regression analysis, AMMI, and SREG. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p.167, 2012.

CECON, PAULO ROBERTO; SILVA, AR ; NASCIMENTO, M ; FERREIRA, ADÉSIO . **Métodos Estatísticos**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. v. 1. 229 p.

COIMBRA, J. L. M.; BARILI, L. D.; VALE, N. M.; GUIDOLIN, A. F.; BERTOLDO, J. G.; ROCHA, F.; TOALDO, D. Seleção para caracteres adaptativos em acessos de feijão usando REML/BLUP. **Magistra**, v. 20, p. 177-185, 2008.

COIMBRA, J. L. M.; KOPP, M. M.; SOUZA, V. Q. de; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de. Prediction of genetic value in F3 populations of *Avena sativa* L. using REML/BLUP. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 265-271, 2005.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** v. 4 - SAFRA 2016/17, Sexto levantamento, março. 2017. 176p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_13_11_27_16_boletim_graos_marco_2017.pdf>. Acesso 14,mar, 2017.

CONDÉ, A. B. T.; COELHO, M. A. O.; YAMANAKA, C. H.; CORTE, H. R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 45-52, 2010.

COTRIM, M. F.; ALVAREZ, R. C. F.; SERON, A. C. C. Qualidade fisiológica de sementes detrigos em resposta a aplicação de azospirillum brasileiro e ácido húmico/physiological quality of wheat seeds in response to application of azospirillum brasileiro and humic acid. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 4, p. 349–357, 2016.

CRUZ, COSME DAMIÃO; CARNEIRO, PEDRO CRESCÊNCIO SOUZA; REGAZZI, Adair José. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2014. 668 p.

CRUZ, Cosme Damião; CARNEIRO, Pedro Crescêncio Souza. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 2.

CRUZ, COSME DAMIÃO; REGAZZI, ADAIR JOSÉ. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Impresso pela Universidade, 1994. 390 p.

CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, COSME DAMIÃO; REGAZZI, ADAIR JOSÉ; CARNEIRO, PEDRO CRESCÊNCIO Souza. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2012. 514 p.

CRUZ, COSME DAMIÃO; REGAZZI, ADAIR JOSÉ; CARNEIRO, PEDRO CRESCÊNCIO SOUZA. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. vol.1, 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p

DA SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011.

DA SILVA, G. O.; DE CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, Z. S.; PONIJALEKI, R. S.; PEREIRA, A. S. P. Desempenho genotípico de clones de batata via modelos mistos. **Agrária**, v. 11, n. 4, p. 259-266, 2016.

DE SOUZA, V. Q.; BARETTA, D.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; KONFLANZ, V. A.; SCHMIDT, D. Variance components and association between corn hybrids morpho-agronomic characters. **Científica**, v. 43, n. 3, p. 246-253, 2015.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DOURADINHO, G. Z.; SOUZA, G. A.; OLIVEIRA, C. P.; BORTOLAZZO, G.; ZOZ, T.; STEINER, F. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação rápida do vigor de sementes de trigo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 18-22, 2015.

DOVALE, J.C.; FRITSCHÉ-NETO, R. Genetic control of traits associated with phosphorus use efficiency in maize by REML/BLUP. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 554-563, 2013.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipo × ambiente: uma introdução à análise “AMMI”**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p.

EBERHART, R.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 1, p. 36- 40, 1966.

FALCONER, Douglas Scott. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Editora UFV, 1987. 279 p.

FAOSTAT. **Crops/2013**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
Acesso em: 06 mai 2016.

FICK, G. L.; HIBBARD, R. P. A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. **Michigan Academy of Sciences, Arts and Letters**, v. 5, p. 95-103, 1925.

FRANÇA NETO, J. B. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Série Sementes. Londrina: EMBRAPA - CNPS, 2007. (Circular Técnica, 40).

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, T. N. M.; SILVA, R. R.; SILVA, C. L. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 797-806, 2010.

FRANCO, F.A. Entrevista concedida ao informativo trigo. Cascavel: **Informativo Trigo** Ed.2, fevereiro de 2011.

GARCÍA-PEÑA, M.; DIAS, C.T.S. Análise dos modelos aditivos com interação multiplicativa (AMMI) bivariados. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 4, p. 586-602, 2009.

GASQUES, J. G.; SOUZA, G. S.; BASTOS, E. T.; GOMES, E. G.; DOSSA, D. Brasil: **Projeções do agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2012, Vitória. Agricultura e desenvolvimento rural com sustentabilidade: anais. Vitória: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural; UFES, 2012. p. 1-20.

GAUCH, H. G.; PIEPHO, H. P.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. **Crop Science**, v. 48, n. 3, p. 866-889, 2008.

GEORGIN, J.; CAMPONOGARA, A. S.; OLIVEIRA, G. A.; DENARDIN, A. L. R.; TONETTO, T. Manutenção do poder germinativo e da variabilidade genética de sementes de trigo de cultivar Frontana. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 1493-1498, 2015.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; SILVÉRIO, L.; ELIAS, H.T.; VIDIGAL FILHO, O.S.; KVITSCHAL, M.V.; RETUCI, V.S.; SILVA, C.R. da. Combining ability and heterosis in common bean cultivares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1143-1150, 2008.

HAMMAN, B.; EGLI, D. B.; KONING, G. Seed vigor, soil borne pathogens, pre-emergent growth, and soybean seedling emergence. **Crop Science**, v. 42, p. 451-457, 2002.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; TRINDADE, M. G.; SOARES, B.B.; MOREIRA, J.A.A.; CÁNOVAS, A.D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 352–356, 2006.

HELMER, J.C.; DELOUCHE, J. C.; LIENHARD, M. Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson clover. **Proc. Assoc. off. Seed Anal.**, v. 52, p. 154-6, 1962.

HOFFMANN, A. A.; PARSONS, P. A. **Evolutionary genetics and environment alstress**. 2ª ed. New York: Oxford University Press. 1996. 296 p.

HÖFS, A. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. 2003. 44f. Tese (Doutorado em ciência e tecnologia de sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 55-62, 2004.

INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA CULTURA DO TRIGO E TRITICALE Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/Informacoes+Tecnicas+Trigo+e+Triticale+Safr+2016.pdf/12cba90b-6483-4e41-b95e-089a06451f61>>. Acesso 15 mar, 2017. Passo Fundo- RS.

JUNIOR, O. P. **Aptidão, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de trigo**. Guarapuava – PR, 2014. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de produção Vegetal da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), 2014.

JÚNIOR, T. T.; PELUZIO, J. M.; MELO, A. V.; ARCHANGELO, E. R.; AFFERRI, F. S. Correlation among adaptability and stability methodologies for soybean genotypes in regions of degraded areas. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 35–4, 2015.

KANG, M. S. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. **Advances in Agronomy**, v. 62, p. 199-252, 1998.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005.

KRZYZANOWSKI, F. C. (Coord.) **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LAVORENTI, N. A.; MATSUOKA, S. Combinação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise de estabilidade de cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 653-658, 2001.

LEITE, A. C. S. **Adaptabilidade, estabilidade, heterose e avaliação de metodologias alternativas de seleção recorrente recíproca com famílias de irmãos completos em milho (*Zea mays*)**. 1988. 118 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LIMA, T. C.; MEDINA, P. F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2006.

LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. R. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 123-130, 2010.

LUIZ, A. R. M.; PIRES, J. L.; CUNHA, G. R.; FERNANDES, J. M. C.; PASINATO, A.; PONTE, E. D.; BAETHGEN, W.; GIMENEZ, A.; MAGRIN, G.; TRAVASSO, M. **Impactos de mudanças climáticas/variabilidade nos sistemas de produção de trigo e estratégias para a adaptação da cultura no Sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005.

LUSH & WRIGHT 1931. In: CRUZ, C. D; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**, vol. 2. Viçosa, 3.ed. Editora UFV. 2014.

LYNCH, M.; BRUCE W. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Vol. 1. Sunderland, MA: Sinauer, 1998.

MA, B. L.; YAN, W.; DWYER, L. M.; FREGEAU-REID, J.; VOLDENG, H. D.; DION, Y.; NASS, H. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 169-180, 2004.

MACHADO, R. F. **Desempenho de aveia – branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.

MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ROCHA, M. de M.; PINHEIRO, J. B.; SILVA JÚNIOR, N. F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método univariado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 215-226, 2006.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agrícola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015b.

MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: VIEIRA, R. D. e CARVALHO, N. M. (ed.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP. p.133 -149, 1994.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 44-51, 2006.

MARCOS-FILHO, J. 2015. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2 ed. ABRATES, Londrina, PR, Brasil 660p.(a).

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. R. R; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentina**, Argentina, v. 13, n. 1-4, p. 405-412, 1976.

MARTINS, J. A. S.; JULIATTI, F. C. Adaptability and stability of soybean advanced lines of semi early cycle for rust resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 43-51, 2012.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução a genética biométrica**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. D.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. D. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 715-723, 2007.

MELO, PAULO TRAJANO BURCK SANTOS. **Desempenho individual e de populações de plantas de arroz relacionado ao vigor de sementes**. 2005. 46 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MENDES, C. R.; MORAES D. M.; LIMA M. G. S.; LOPES N. F. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 171-176, 2009.

MENDONÇA, A. O.; AISENBERG, G. R.; GHELLING, V. M.; OLIVEIRA, S.; EBERHARDT, P. E. R.; AUMONDE, T. Z. Expressão do vigor e perfil isoenzimático em sementes de trigo sob ação de bioativador. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 29, p. 1, 2015.

MEOTTI, G. V., BENIN, G., SILVA, R. R., BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônomo de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

MOHAMMADI, R.; AMRI, A. Analysis of genotype x environment interactions for grain yield in durum wheat. **Crop Science**, v. 49, n. 4, p. 1177-1186, 2009.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, Francisco Carlos.; VIEIRA, Roberval Dailton.; FRANÇA NETO, José de Barros. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-24.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; OLIVOTO, T.; FOLLMANN, D. N.; SZARECKI, V. J.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q. Restricted maximum likelihood/best linear unbiased prediction (REML/BLUP) for analyzing the agronomic performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 4864-4872, 2016.

NARDINO, M.; SOUZA, V. Q.; FOLLMANN, D. N.; CARVALHO, I. R.; CARON, B. O.; ZANETTI, D. REML/BLUP para estimativa dos componentes de variância e valores genotípicos em genótipos de trigo. **Global Science and Technology**, v. 09, p. 1/3-8, 2016.

NETO, A. R.; JUNIOR, E. U. L.; GALLO, P. B.; FREITAS, J. B.; AZZINI, L. E. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 3, p. 512, 2013.

OLIVEIRA, A. B. de; DUARTE, J. B.; CHAVES, L. C.; COUTO, M. A. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment

interactions in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 6, p. 79-86, 2006.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; PINHEIRO, J. B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 357-364, 2003.

OLIVEIRA, D. M.; SOUZA, M. A.; ROCHA, V. S.; ASSIS, J. C. Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 25-32, 2011.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, p. 545-554, 1971.

PEDROSO, D. C.; TUNES, L. M.; BARBIERI, A. P.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B.; MENEZES, V. O. Envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2389-2392, 2010.

PELEGRIN, A. J.; CARVALHO, I. R.; FERRARI, M.; NARDINO, M.; SZARESKEI, V. J.; MEIRA, D.; WARTHS, C. A.; FOLLMANN, D. N.; PELEGRIN, C. M. G. ; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, A. C.; MAIA, L. C. ; SOUZA, V. Q. Evaluation of solvent retention capacity of wheat (*Triticum aestivum* L.) flour depending on genotype and different timing of nitrogenous fertilizer application. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 4389-4394, 2016.

PEREIRA, H. S.; BUENO, L. G.; PELOSO, M. J.; ABREU, A. F. B.; MOREIRA, J. A. A.; MARTINS, M.; WENDLAND, M. A.; FARIA, L. C.; SOUZA, T. L. P. O.; MELO, L. C. Agronomic performance and stability of and common bean lines with white grains in Brazil. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 130–137, 2014.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009.

PEREIRA, T. C. V.; SCHMIT, R.; HAVEROTH, E. J.; MELO, R. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; BACKES, R. L. Reflexo da interação genótipo x ambiente sobre o melhoramento genético de feijão. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 411-417, 2015.

PEREIRA, T. C. V.; SCHMIT, R.; MELO, R. C.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M.; HAVEROTH, E. J. Reflexo da interação genótipo x ambiente sobre o melhoramento genético de feijão. **Ciência Rural**, v. 46, p. 411-417, 2016.

PESKE, SILMAR TEICHERT; VILLELA, FRANCISCO AMARAL; MENEGHELLO, Geri Eduardo. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed. Pelotas: Ed. Universitária, 2012. 573 p.

PIEPHO H. P.; WILLIAMS, E. R.; MADDLEN, L. V. The use of two-way linear mixed models in multitreatment meta-analysis. **Biometrics**, v. 68, p. 1269-1277, 2012.

PIEPHO, H. P. A mixed models approach to mapping quantitative trait loci in barley on the basis of multiple environment data. **Genetics**, v. 156, p. 253-260, 2000.

PIMENTEL GOMES, Frederico. **Curso de estatística experimental**. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PIMENTEL, A. J. B.; GUIMARÃES, J. F. R.; SOUZA M. A.; RESENDE, M. D. V.; MOURA, L. M.; ROCHA, R. A. S. C.; RIBEIRO, R. Estimação de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 882-890, 2014.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Phenotypical adaptability and stability of soybean genotypes in the state of Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 910-920, 2013.

PUPIN, S.; DOS SANTOS, A. V. D. A.; ZARUMA, D. U. G.; MIRANDA, A. C.; DA SILVA, P. H. M.; MARINO, C. L.; SEBBENN, M. L.; DE MORAES, M. L. T. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 127-134, 2015.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. de F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Genetic gain in the productivity of processed coffee from the selection of clones of 'Conilon' coffee. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 516-523, 2016.

RAMALHO, Magno Antonio Patto.; FERREIRA, Daniel Furtado.; OLIVEIRA, Antônio Carlos de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 322 p.

RAMALHO, Magno Antonio Patto; FERREIRA, Daniel Furtado.; OLIVEIRA, Antônio Carlos de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

RAMALHO, M. A. P.; ARAÚJO, L. C. de A. Breeding self-pollinated plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 1-7, 2011.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33 n. 3, p. 405-411, 2003.

RAMOS, L. M.; SANCHES, A.; COTES, J. M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz, mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. **Acta Agronômica**, v. 60, n. 1, p. 39-49, 2011.

RAMPIM, G. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 4, 2012.

RCBPTT - Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2., 2011, Passo Fundo. **Informações técnicas para a safra 2012: trigo e triticale**. Passo Fundo: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale: Embrapa Trigo: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2011. 211 p.

REGAZZI, A. J. **Análise Multivariada**, Notas de Aula EST746, Departamento de Estatística da Universidade Federal de Viçosa, v. 2, 2006.

RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330–339, 2016.

RESENDE, MARCOS DEON VILELA De. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. de; FURLANI JÚNIOR, E.; MORAES, M. L. T. de; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, v. 60, p. 185-193, 2001.

RESENDE, MARCOS DEON VILELA de.; SILVA, FABIANO FONSECA e.; AZEVEDO, CAMILA FERREIRA. **Estatística matemática, biométrica e computacional: Modelos Mistos, Multivariados, Categóricos e Generalizados (REML/BLUP), Inferência Bayesiana, Regressão Aleatória, Seleção Genômica, QTL-GWAS, Estatística Espacial e Temporal, Competição, Sobrevivência**. 1.ed. 2014, v. 1, 881 p.

RESENDE, MARCOS DEON VILELA. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p.

RESENDE, MARCOS DEON VILELA. **Software SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

RHARRABTI, Y.; GARCÍA DEL MORAL, L. F.; VILLGEAS, D.; ROYO, C. D. wheat quality in Mediterranean environments III. Stability and comparative methods in analyzing GxEinteraction. **Field Crops Research**, v. 80, p. 141-146, 2003.

ROCHA, M. de M.; VELLO, N. A.; LOPES, Â. C. de A.; MAIA, M. C. C. Yield stability of soybean lines using additive main effects and multiplicative interaction analysis – AMMI. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 391-398, 2004.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. F.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em Coffea canéfora. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1531-1537, 2015.

RODRÍGUEZ, G. R. E.; MEDINA, P. J.; PUENTE, E. O.; REYES, L. A.; HERNÁNDES, J. P.; CAZARES, J. S.; VILLEGAS, M. C. Interacción genotipo-ambiente para la estabilidad de rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B.C., México. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 14, n. 2, p. 543–558, 2011.

ROOZEBOOM, K. L.; SCHAPAUGH, W. T.; TUINSTRA, M. R.; VANDERLIP, R. L.; MILLIKEN, G. A. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. **Crop Science**, v. 48, p. 317-330, 2008.

ROSADO A. M.; ROSADO T. B.; ALVES A. A.; LAVIOLA B. G.; BHERING L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SANTOS, G. A.; NUNES, PIRES, A. C.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Genetic control and genotype by environment interaction of wood weight in Eucalyptus clones in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Árvore**, v. 40, p. 867-876, 2016.

SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS; JACOMINE, PAULO KINGER TITO; ANJOS, LÚCIA HELENA CUNHA DOS; OLIVEIRA, VIRLEI ÁLVARO DE; LUMBRERAS, José Francisco; COELHO, MAURÍCIO RIZZATO; ALMEIDA, JAIME ANTÔNIO DE; CUNHA, TONY JARBAS FERREIRA; OLIVEIRA, JOÃO BERTOLDO de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, JOSÉ BEZERRA DOS. **Estabilidade fenotípica e cultivares de feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.), nas condições do Sul de Minas**. 1980. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba.

SANTOS, J. F.; ALVARENGA, R. O.; TIMÓTEO, T. S.; CONFORTO, E. C.; MARCOS FILHO, J. ; VIEIRA, R. D. Avaliação do Potencial Fisiológico de Lotes de Sementes de Soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 743-751, 2011.

SCHEEREN, BRUNO RICARDO. **Vigor de sementes de soja e produtividade**. 2002. 45 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 35-41, 2010.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 229- 234, 1999.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SENA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; TOKESHI, H.; POPPI, R. J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. **Soil and Tillage Research**, v. 67, p. 171-181, 2002.

SILVA FILHO, J. L.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C; LAMAS, F. M.; PEDROSA, M. B.; RIBEIRO, J. L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 349-355, 2008.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011.

SILVA, R. R.; BENIN, G. Análises Biplot: conceitos, interpretações e aplicações. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1404-1412, 2012.

SILVA, R.R.; BENIN, G.; SILVA, G.O. da; MARCHIORO, V.S.; ALMEIDA, J.L. de; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1439-1447, 2011.

SILVEIRA, D. A. ; PRINCINOTTO, L. F.; NARDINO, M. ; BAHRY, C. A.; PRETE, C. E. C.; CRUZ, L. .Determination of the adaptability and stability of soybean cultivars in different locations and at different sowing times in Paraná

state using the AMMI and Eberhart and Russel methods. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, p. 3973-3982, 2016.

SOUSA, L. B; HAMAWAKI, O. T.; NOGUEIRA, A. P.; OLIVEIRA, V. M.; HAMAWAKI, R. L. Evaluation of soybean lines and environmental stratification using the AMMI, GGE biplot, and factor analysis methods. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 12660–74, 2015.

SPIELKE, J.; PHIEPHO, H. P.; HU, X. Analysis of unbalanced data by mixed linear models using the Mixed Procedure of the SAS System. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 191, p. 47-54, 2005.

STAHL, C. **Comparative experiments between the laboratory and the field germination of seed**. Proceedings of the International Seed Testing Association 15-17, p. 75-143, 1931.

STRECK, EDEMAR VALDIR; KÄMPF, NESTOR; DALMOLIN, RICARDO SIMÃO; KLAMT, EGON; NASCIMENTO, PAULO CÉSAR DO; SCHNEIDER, PAULO; GIASSON, ÉLVIO; PINTO, LUIZ FERNANDO SPINELLI. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre, Emater, 2008. 222 p.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguarens* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 50, p. 37-51, 2005.

SZARESKEI, V. J. ; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; DEMARI, G. H.; BAHRY, C. A.; KEHL, K.; PEDO, T.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q. ; AUMONDE, T. Z. Phenotype stability of soybean genotypes for characters related to the physiological quality of seed produced under different environmental conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 10, n. 45, p. 279-289, 2016.

TATUM, L. A.; ZUBER, M. S. Germination of maize under adverse conditions. **Journal of the American Society of Agronomy**, n. 35, p. 48-59, 1943

TOMASINI, R. G. A.; AMBROSI, I. Aspectos econômicos da cultura de trigo. **Caderno de Ciência & Tecnologia**, v. 15, n. 2, p. 59-84, 1998.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A. M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v. 74, p. 255-260, 2015.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VENCOVSKY, Rolando. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137- 209.

VENCOVSKY, Rolando; BARRIGA, Patrício. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1277-1282, 2009.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 337-341, 2011.

VIEIRA, ROBERVAL DAILTON; KRZYZANOWSKI, FRANCISCO CARLOS. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, FRANCISCO CARLOS; VIEIRA, ROBERVAL DAILTON; NETO, JOÃO DE BARROS FRANÇA. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina : ABRATES. 1999. p. 218.

XAVIER, M. A.; PERECIN. D.; ALVIM, K. R. T.; LANDELL, M. G. A.; ARANTE, F.C. Seleção de famílias e progênies de irmãos completos de cana-de-açúcar para atributos tecnológicos e de produção pelo método de REML/BLUP. **Bragantia** , v. 73, p. 253-262, 2014.

YAN, W. GGE biplot – A Windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1111-1118, 2001.

YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. **Journal of the India Society of Agricultural Statistics**, v. 65, n. 2, p. 181-193, 2011.

YAN, W.; HOLLAND, J. B. A. Heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. **Euphytica**, v. 171, n. 3, p. 355- 369, 2010.

YAN, WEIKAI; KANG, MANJIT SINGH. **GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists**. Boca Raton: CRC, 2003. 288 p.

YANG, R. C. Mixed-model analysis of crossover genotype e environment interactions. **Crop Science**, v. 47, p. 1051-1062, 2007.

YATES, 1931. In: CRUZ, COSME DAMIÃO; CARNEIRO, PEDRO CRESCÊNCIO SOUZA; REGAZZI, ADAIR JOSÉ. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**, 3.ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

YOKOMIZO, G. K. I.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A.; UNFRIED, J. R. Análise AMMI da produtividade de grãos em linhagens de soja selecionadas para resistência à ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1372-1380, 2013.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH Jr., H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 388-393, 1988.